

Kevin Weißbach

Konzeptuntersuchung zum Einsatz eines Handsets des kabellosen
Bremsprüfgeräts als Kraftaktuator für die Handbremseinstellung

BACHELORARBEIT

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fachbereich Maschinenbau

Mittweida, 2009

Kevin Weißbach

Konzeptuntersuchung zum Einsatz eines Handsets des kabellosen
Bremsenprüfgeräts als Kraftaktuator für die Handbremseinstellung

eingereicht als

BACHELORARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fachbereich Maschinenbau

Stollberg, 2009

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Frank Weidermann

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Uwe Meier

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliographische Beschreibung

Weißbach, Kevin :

Konzeptuntersuchung zum Einsatz eines Handsets des kabellosen Bremsenprüfgeräts als Kraftaktuator für die Handbremseinstellung. – 2009. – 51 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Maschinenbau/ Feinwerktechnik, Bachelorarbeit, 2009

Referat

Die Feststellbremse im Fahrzeug ist eine unverzichtbare Einrichtung. Die Funktionstüchtigkeit dieser, meist als Handhebel ausgelegten Bremse muss von Beginn an gewährleistet sein. Dazu ist eine Einstellung der Bremse bereits an der Bandfertigung in der Automobilindustrie unumgänglich. Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Umsetzung einer Einstellvariante, bei der ein kabelloses Bremsenprüfgerät zur Kraftaufbringung und Messung genutzt werden soll.

Zunächst werden die bestehenden Möglichkeiten der Handbremseinstellung erläutert. Im Anschluss wird die Idee der neuen Lösung vorgestellt, daher wird auch das kabellose Bremsenprüfgerät vorgestellt.

Die Entwicklung der Baugruppe zur Umsetzung der Lösungsvariante nimmt den Hauptteil der Arbeit in Anspruch, von der Findung einer Lösung bis hin zur konkreten Ausarbeitung und Beschreibung der Konstruktion. Des Weiteren erfolgen Betrachtungen sowie Berechnungen über die wirkenden Kräfte und Wege.

Inhaltsverzeichnis

BIBLIOGRAPHISCHE BESCHREIBUNG	I
REFERAT	I
INHALTSVERZEICHNIS	II
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
TABELLENVERZEICHNIS.....	V
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
FORMELVERZEICHNIS.....	VII
0 EINLEITUNG	- 1 -
1 HANDBREMSEINSTELLUNG IM FAHRZEUG	- 2 -
1.1 AUFBAU DES HANDBREMSSYSTEMS	- 2 -
1.2 NOTWENDIGKEIT DER EINSTELLUNG	- 6 -
1.3 NACHSTELLUNG	- 7 -
2 EXISTIERENDE EINSTELLMÖGLICHKEITEN	- 8 -
2.1 AUTOMATISCHE HANDBREMSEINSTELLUNG	- 8 -
2.2 EINSTELLUNG ÜBER PNEUMATISCHEN ZYLINDER	- 10 -
3 HANDSET ALS KRAFTAKTUATOR.....	- 13 -
3.1 ANWENDUNGEN UND AUFBAU	- 13 -
3.2 VORTEILE DES HANDSET	- 14 -
4 ZIEL UND AUFGABE	- 16 -
5 BETRACHTUNG DER GEGEBENEN BEDINGUNGEN	- 17 -
6 VARIANTENENTWICKLUNG UND -AUSWAHL	- 20 -
6.1 VARIANTENENTWICKLUNG.....	- 20 -
6.2 VARIANTENVERGLEICH	- 21 -
7 NACHWEIS VON ERREICHBARER KRAFT UND WEG DES WINKELHEBEL	- 26 -
7.1 BETRACHTUNG DES ERREICHBAREN WEGES.....	- 26 -
7.2 KRAFTBERECHNUNG	- 28 -
8 KONSTRUKTIVE UMSETZUNG.....	- 32 -
8.1 BESCHREIBUNG DER ERARBEITETEN BAUGRUPPEN	- 34 -
8.1.1 ABSTÜTZUNG	- 34 -
8.1.2 WINKELHEBEL.....	- 35 -

8.1.3.	HANDBREMSHEBELAUFNAHME	- 36 -
8.1.4.	EINHÄNGUNG FÜR HANDSET	- 37 -
8.2	KRAFTAUFBRINGUNG UND BELASTUNGEN	- 38 -
8.3	TOLERANZBETRACHTUNG ÜBER DIE BEWEGUNGSKETTE.....	- 38 -
8.4	ERGONOMISCHE ASPEKTE	- 39 -
8.5	BAUGRUPPE MIT FAHRZEUGUMGEBUNG.....	- 40 -
9	NACHWEIS VON AUSGEWÄHLTEN FERTIGUNGS- UND NORMTEILEN.....	- 41 -
9.1	NACHWEIS DER SCHWEIßVERBINDUNG DER PLATTE FÜR DIE AUFHÄNGUNG HANDSETS.....	- 41 -
9.2	NACHWEIS DER SCHWEIßVERBINDUNG DES HEBELS AN DER HEBELAUFNAHME	- 44 -
9.3	TORSION DES WINKELHEBELS	- 46 -
9.4	NACHWEIS DER WELLE DES WINKELHEBEL	- 49 -
9.5	STATISCHER NACHWEIS DER NADELLAGER DES HEBELS	- 50 -
10	ZUSAMMENFASSUNG	- 51 -
	ANLAGEN	VIII
	BEIGABEN	VIII
	LITERATURVERZEICHNIS.....	IX
	ERKLÄRUNG ZUR SELBSTSTÄNDIGEN ANFERTIGUNG.....	X

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Aufbau Handbremssystem	- 2 -
Abbildung 2	Handbremshebel	- 3 -
Abbildung 3	Trommelbremse	- 4 -
Abbildung 4	Funktionsprinzip bei Scheibenbremse	- 5 -
Abbildung 5	Allgemeiner Aufbau Handbremse	- 6 -
Abbildung 6	Automatische Nachstellung Scheibenbremse	- 7 -
Abbildung 7	Anlage zur automatischen Handbremseinstellung	- 8 -
Abbildung 8	Einstellwerkzeug	- 9 -
Abbildung 9	Schematische Darstellung pneumatischen Einstellung	- 11 -
Abbildung 10	pneumatisches Einstellwerkzeug	- 12 -
Abbildung 11	Bremsenprüfgerät	- 13 -
Abbildung 12	Bremsenprüfgerät im Fahrzeug	- 14 -
Abbildung 13	notwendiger Weg Handbremshebel	- 17 -
Abbildung 14	Fahrzeugkoordinatensystem	- 19 -
Abbildung 15	Skizzen der 3 Varianten	- 20 -
Abbildung 16	Bewegungsmodell Winkelhebel	- 26 -
Abbildung 17	Diagramm zur Darstellung des erreichbaren Weges	- 27 -
Abbildung 18	Winkelhebel	- 29 -
Abbildung 19	Wirkungsrichtung Kraftangriff aus Entwurfszeichnung.....	- 29 -
Abbildung 20	Handbremseinstellgerät mit Handset an Handbremshebel	- 32 -
Abbildung 22	entwickeltes CATIA-Modell	- 33 -
Abbildung 23	Abstützung	- 34 -
Abbildung 24	Baugruppe Winkelhebel	- 35 -
Abbildung 25	Handbremshebelaufnahme	- 36 -
Abbildung 26	Betätigungsbaugruppe für Handset	- 37 -
Abbildung 27	Baugruppe mit Fahrzeugumgebung	- 40 -
Abbildung 28	Skizze Einhängung	- 41 -
Abbildung 29	Skizze Handsethebel an Aufnahme	- 44 -
Abbildung 30	Schnitt am Winkelhebel	- 46 -
Abbildung 31	Querschnittsfläche	- 46 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Werteskala VDI 2225	- 24 -
Tabelle 2	Variantenbewertung.....	- 25 -

Abkürzungsverzeichnis

OEM	...Original Equipment Manufacturer (engl. für Originalausrüstungshersteller)
CAD	...Computer Aided Design
PC	...Personal Computer
SPS	...Speicherprogrammierbare Steuerung
WLAN	...Wireless Local Area Network
DMS	...Dehnmessstreifen
PDM	...Produkt Detail Montageanweisung

Formelverzeichnis

σ_{wv}	...Vergleichswert vorhandener Spannungen [N/mm ²]
σ_{zul}	...zulässige Normalspannung [N/mm ²]
τ_{zul}	...zulässige Schubspannung [N/mm ²]
σ_N	...Normalspannung [N/mm ²]
τ_S	...Schubspannung [N/mm ²]
σ_B	...Biegespannung [N/mm ²]
a	...Schweißnahtdicke [mm]
l	...Länge [mm]
y	...Abstand [mm]
M	...Moment [Nmm]
I	...Flächenmoment [mm ⁴]
F	...Kraft [N]
F_Q	...Querkraft [N]
W	...Widerstandsmoment [mm ³]
A_{ws}	...Schweißnahtfläche [mm ²]
S	...Sicherheit
T	...Torsionsmoment [Nmm]
C_0	...statische Tragzahl
P_0	...statisch äquivalente Lagerbelastung [N]
f_s	...statische Kennzahl

0 Einleitung

Bei der Bandfertigung in der Automobilindustrie müssen nach dem Einbau von Fahrzeugkomponenten diese eingestellt oder geprüft werden. Die Funktionstüchtigkeit, besonders sicherheitsrelevanter Systeme, muss eindeutig gewährleistet werden. Das Prüfen der Betriebsbremsanlage ist hierfür ein Beispiel.

Auch die Feststellbremse, in den meisten Fällen als Handhebel ausgeführt, bedarf einer Einstellung.

Die OEM der Fahrzeugindustrie schreiben für die Handbremseinstellung Kraft- und Winkelparameter vor, die erreicht werden müssen. Ziel ist, neben der Verringerung der Nacharbeit, qualitativ gleiche und für den späteren Fahrzeugbesitzer zufriedenstellende Gegebenheiten zu erreichen.

Die Firma *Dürr Somac GmbH* beschäftigt sich hauptsächlich mit der Befüllung von Medien im Fahrzeug. Dazu gehören Kühlmittel, Servoöl, Bremsflüssigkeit, Wischwasser zur Scheibenreinigung, Kraftstoff sowie Motoren- und Getriebeöl. Ein weiteres Betätigungsfeld des Betriebes liegt in der Mess- und Prüftechnik. Es werden Systeme zum Testen der Dichtheit bzw. Funktion der Betriebsbremse und Möglichkeiten der Handbremseinstellung angeboten.

Ein Automatisches Handbremseinstellgerät wurde bereits weltweit an verschiedene Fahrzeughersteller verkauft. Zunehmender Wettbewerb fordert eine Kostensenkung auch in diesem Bereich. Durch Verbesserung der Prozesse und breiterer Nutzung von Standardwerkzeugen kann eine Optimierung bei gleich bleibender Qualität erreicht werden.

Im Folgenden wird nach allgemeinen Vorbetrachtungen zur Feststellbremse, deren Aufbau und derzeitige Einstellung, auf das Handset des Bremsenprüfgerätes der Firma *Dürr Somac* eingegangen. Dieses Standardgerät soll als Kraftaktor für die Handbremseinstellung genutzt werden.

Ziel der Bachelorarbeit ist die Erarbeitung einer Konstruktion, nach vorgegebenen Bedingungen, wodurch diese neue Einstellvariante umsetzbar wird.

1 Handbremseinstellung im Fahrzeug

1.1 Aufbau des Handbremssystems

Als Feststellbremsanlage wird die Gesamtheit aller Bauteile in einem Fahrzeug beschrieben, die es ermöglichen ein Fahrzeug auf geneigter Ebene und in Abwesenheit des Fahrzeugführers mit mechanischen Mitteln im Stillstand zu halten. Dabei wird die Reibung zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe bzw. -trommel genutzt.¹

Für die Feststellbremse im Fahrzeug wird in der Regel eine Seilzugbremse genutzt, die auf die Betriebsbremse der Hinterachse wirkt. Die Bremse wird mechanisch, durch einen Hebel, über den Seilzug betätigt.

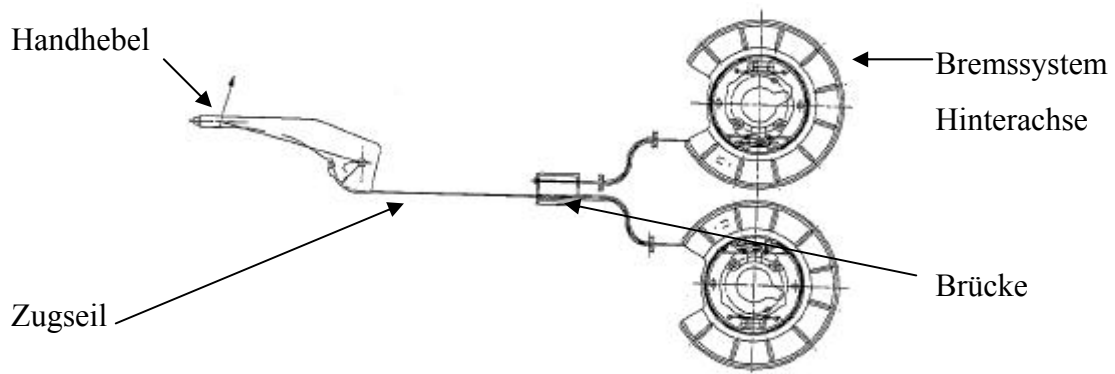


Abbildung 1 Aufbau Handbremssystem²

Das Bremsen kann sowohl über Scheiben- als auch über Trommelbremsen realisiert werden.

Die Seilzugbremse wird betätigt, indem der Fahrer des Fahrzeugs den Knopf am Handhebel drückt und diesen Hebel nach oben zieht. Über den Knopf am vorderen Ende des Hebels wird eine Verriegelung gesteuert. Damit wird ein selbstständiges lösen der Bremse verhindert. In der Handbremse wird durch ein Gestänge ein Hebel bewegt der auf eine Art Zahnstange wirkt. Durch eine Druckfeder wird der Hebel

¹ [1] S.66

² [1] S.104 Bild 7-27

immer an dieser Zahnstange gehalten. Erst durch das bewusste Drücken des Knopfes, kann die Handbremse wieder in ihre Ausgangsposition bewegt werden.

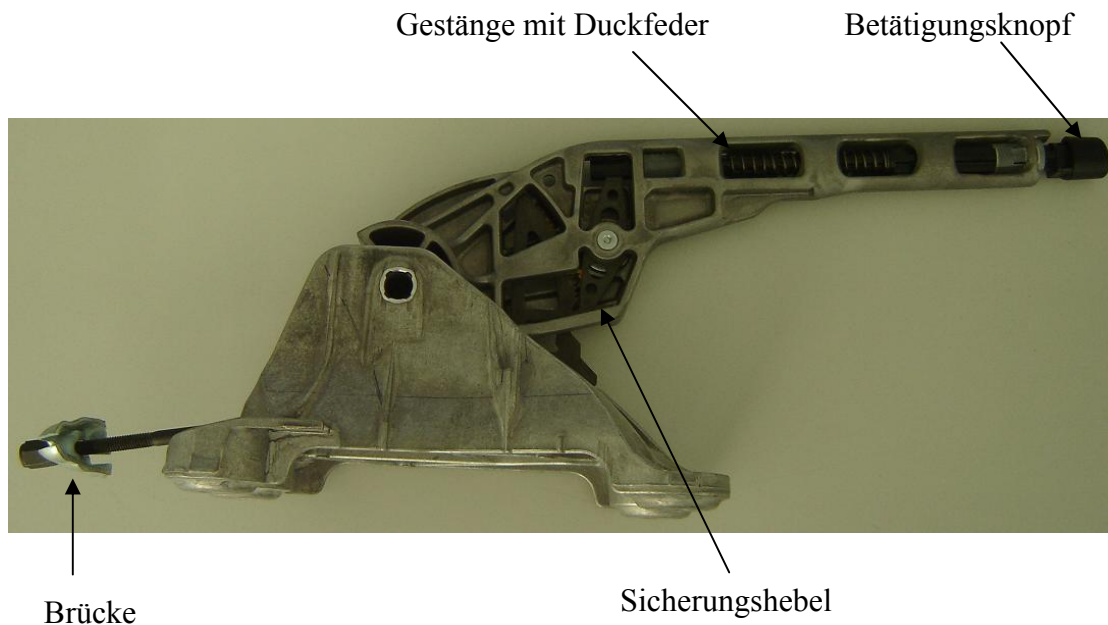


Abbildung 2 Handbremshebel³

³ eigene Darstellung

Bei der Trommelbremse wird beim Anziehen des Handhebels das Zugseil zurückgezogen. Dabei wird in der Bremstrommel über einen Hebel eine Druckstange betätigt, welche die Bremsbacken gegen die Reibfläche der Trommel drückt. Beim Lösen der Feststellbremse werden die Bremsbacken durch eine Zugfeder in die Ausgangsstellung gebracht.

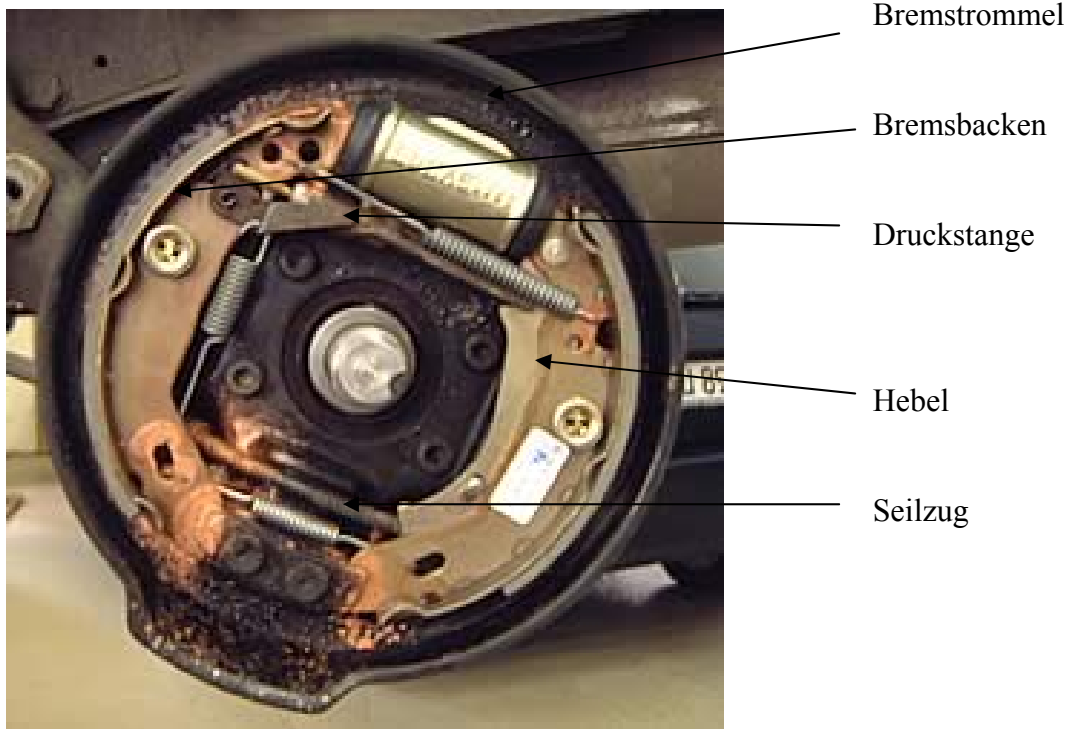


Abbildung 3 **Trommelbremse** ⁴

⁴ URL:< <http://www.autowerkstatt-ffo.de/images/rep/rep01-bremse01-neu.jpg> > , 05.08.2009

Scheibenbremsen werden beim Ziehen des Handhebels betätigt, indem über das Zugseil ein Drehhebel auf den Kolben des Bremszylinders gedrückt wird. Der Zylinder drückt den Bremsbelag auf die Bremsscheibe.

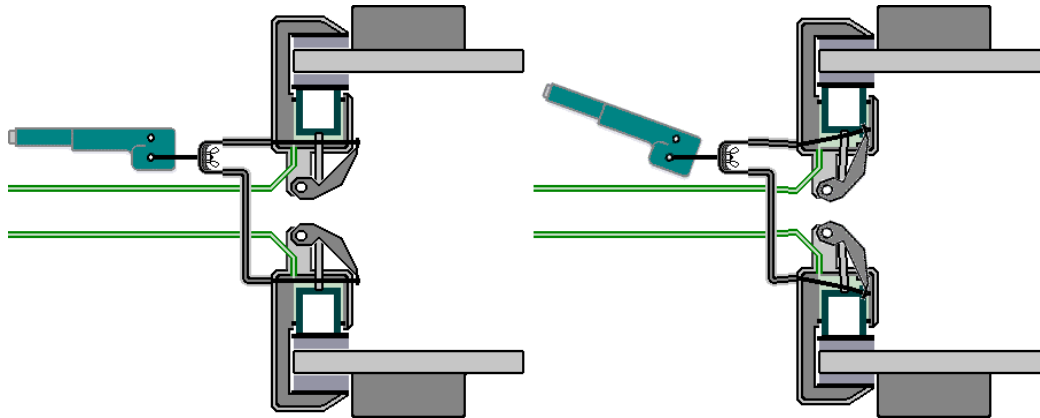


Abbildung 4 Funktionsprinzip bei Scheibenbremse⁵

Es gibt Bremssysteme die mit einer Kombination aus Scheiben- und Trommelbremse arbeiten. Die Trommelbremse wird dabei nur für die Feststellbremse genutzt.

Zunehmend werden die mechanisch betätigten Feststellbremsen von elektrischen Bremssystemen abgelöst. Es existieren verschiedene Varianten der einzelnen Automobilhersteller. Meist wird per Knopfdruck über einen Schalter ein Motor angesteuert. Dieser betätigt dann, über einen Seilzug oder direkt, die Wirkung auf die Bremsanlage.

Das elektrisch betätigte Feststellbremssystem spielt für die Erarbeitung dieser Bachelorarbeit keine Rolle. Alle nachgehenden Betrachtungen beziehen sich auf die mechanisch betätigte Handbremse mit Seilzug.

Für die Beschreibung des Aufbau und der Funktion der verschiedenen Handbremssysteme wurde in Zusammenarbeit der Firma *Dürr Somac GmbH* das Autohaus *Hardi Illgen OHG* aufgesucht. Ein Werkstattmitarbeiter erläuterte anhand von Modellen die Grundlagen der Handbremssysteme von Scheiben- und Trommelbremsen.

⁵ [5], URL:< <http://www.kfz-tech.de/SchHandbremse.htm>>

1.2 Notwendigkeit der Einstellung

Beim Handbremssystem im Fahrzeug durch Seilzugbremsen ist nach dem Einbau zwingend eine Einstellung notwendig, um die Funktionsfähigkeit sicherzustellen. Es ist eine Mindestspannung der Seile erforderlich um die Wirkung der Bremse zu gewährleisten.

Zunächst muss das Seil mehrfach gereckt werden um spätere Setzungserscheinungen während des Gebrauchs zu minimieren. Dies wird durch Auslenken des Handbremshebels bis in die Endstellung mit einer Kraft von bis zu 400 N erreicht. Das Weglassen dieses Vorgangs würde das Seil durch die spätere Nutzung recken. Dies hätte zur Folge, dass nach einer gewissen Zeit der Handhebel zunehmend weiter ausgelenkt werden müsste um eine gleichbleibende Bremswirkung zu erzielen.

Im Anschluss wird der Hebel erneut ausgelenkt und durch das Festziehen einer Mutter an der so genannten Brücke, werden die Handbremsseile gespannt. Als Brücke wird das Bauteil bezeichnet, welches die zwei Seile von jeweils rechter und linker Bremse zum eigentlichen Handbremsseil verbindet.

Auf den Hebel wird während des Vorgangs eine definierte Kraft übertragen. Die Mutter, direkt hinter der Brücke, wird so lange verschraubt, bis die aufgebrachte Kraft vollständig von den Handbremsseilen aufgenommen wird. Nach erfolgter Einstellung wird die Mutter mit einer weiteren Mutter gekontert, um ein Lösen zu verhindern.

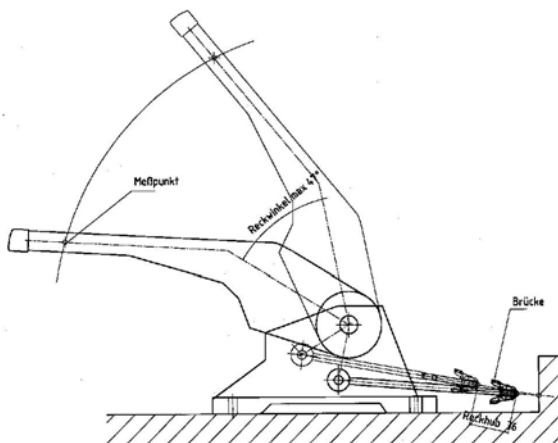


Abbildung 5 Allgemeiner Aufbau Handbremse ⁶

⁶ eigene Darstellung (AutoCAD)

1.3 Nachstellung

Eine Nachstellung des Handbremssystems durch Verschleiß an den Bremsbelägen ist nicht erforderlich, da sowohl bei Scheiben- als auch bei Trommelbremsen eine selbstständige Nachstellung des Systems erfolgt.

Bei Trommelbremsen erfolgt diese Nachstellung über ein Nachstellritzel, welches bei Verschleiß der Bremsbeläge durch die Betätigung der Bremse um einen Zahn versetzt wird.

Der Mechanismus bei Scheibenbremsen ist komplexer. Die Betätigung der Handbremse erfolgt, wie bei der Betriebsbremse, auf einen Zylinder, der verbunden mit dem Bremsbelag auf die Bremscheibe wirkt. Die Handbremse wirkt dabei über einen Bolzen in den der Bremskolben eingeschraubt ist. Nutzen sich die Bremsbeläge durch Verschleiß ab, erfolgt eine Nachstellung durch Betätigen der Betriebsbremse. Der Zylinder schraubt sich durch den Druck nach. Dieser Vorgang geht bis zum vollständigen Verschleiß des Bremsbelages.⁷

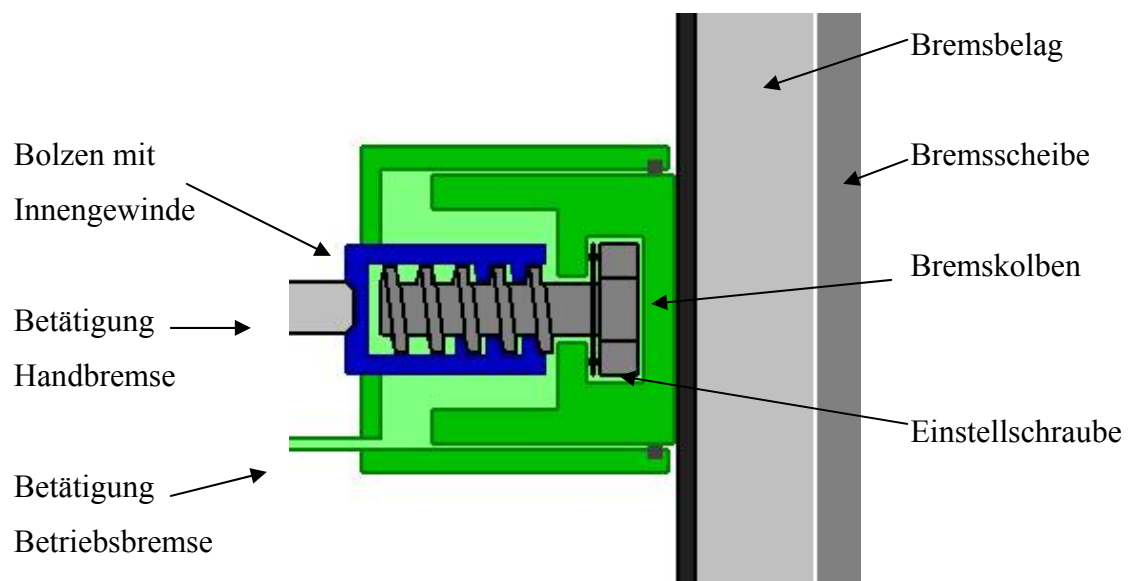


Abbildung 6 Automatische Nachstellung Scheibenbremse⁸

Bei einem Wechsel der Bremsbeläge muss der Zylinder wieder eingeschraubt werden bzw. das Nachstellritzel in der Trommelbremse wird zurückgesetzt.

⁷ [5], URL: < <http://www.kfz-tech.de/SchBremsN.htm>>

⁸ [5], URL:< <http://www.kfz-tech.de/SchBremsN.htm>>

2 Existierende Einstellmöglichkeiten

2.1 Automatische Handbremseinstellung

Derzeit gibt es Handbremseinstellsysteme als mechanisierte Lösung der Firma *Dürr Somac*. An einer Konsole befindet sich ein Handlingsarm zur Aufnahme des Einstellwerkzeuges.

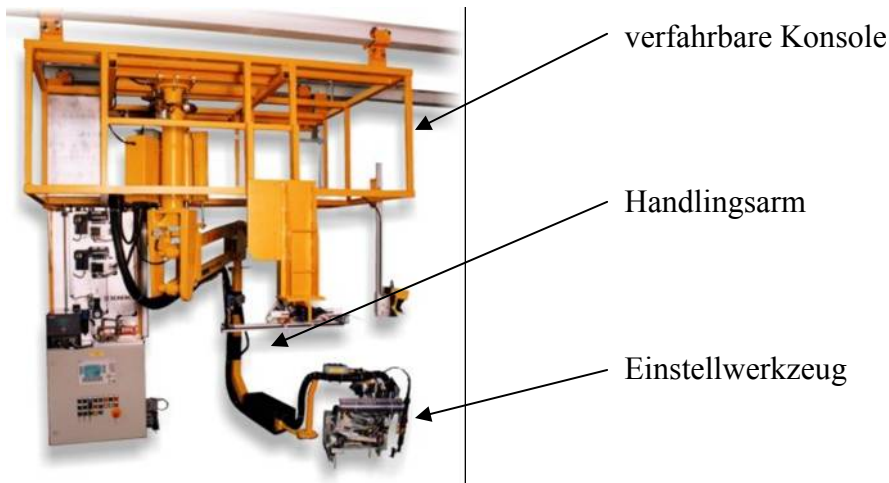


Abbildung 7 Anlage zur automatischen Handbremseinstellung⁹

Durch einen Elektromotor fährt die Konsole neben dem Fahrzeugband mit. Das Werkzeug wird von einem Bediener im Fahrzeug mit Hilfe des Handlingsarms positioniert. Der Bediener startet im Anschluss den automatischen Prozessablauf. Zunächst wird das Werkzeug nach dem Einsetzen am Handbremshebel durch einen pneumatischen Zylinder gespannt. Durch einen weiteren Zylinder wird über einen Hebel der Knopf an der Handbremse gedrückt, um das Bewegen des Hebels zu ermöglichen. Im Anschluss wird dieser über einen Servomotor drei- bis fünfmal auf und ab bewegt, mit einer Kraft von etwa 500 N, um das Handbremsseil zu recken. Im nächsten Schritt wird der Hebel in einem vorgegebenen Winkel ausgelenkt. Durch einen Elektroschrauber wird die Mutter an der Brücke festgezogen und das Seil gespannt, bis die auf den Handbremshebel angelegte Kraft von den Seilen gehalten wird. Nach dem Erreichen der Einstellkraft wird der Hebel entspannt. Am Prozessende wird das Werkzeug vom Werker aus dem Fahrzeug entnommen. Die

⁹ Produktpräsentation „Automatische Handbremseinstellung“ Dürr Somac GmbH

Konsole fährt das Werkzeug automatisch zur Ausgangsposition zurück, zur Einstellung des folgenden Fahrzeugs.

Während der Einstellung wird der Auslenkungswinkel über einen Inkrementalgeber sowie die angreifende Kraft über einen Kraftsensor gemessen.

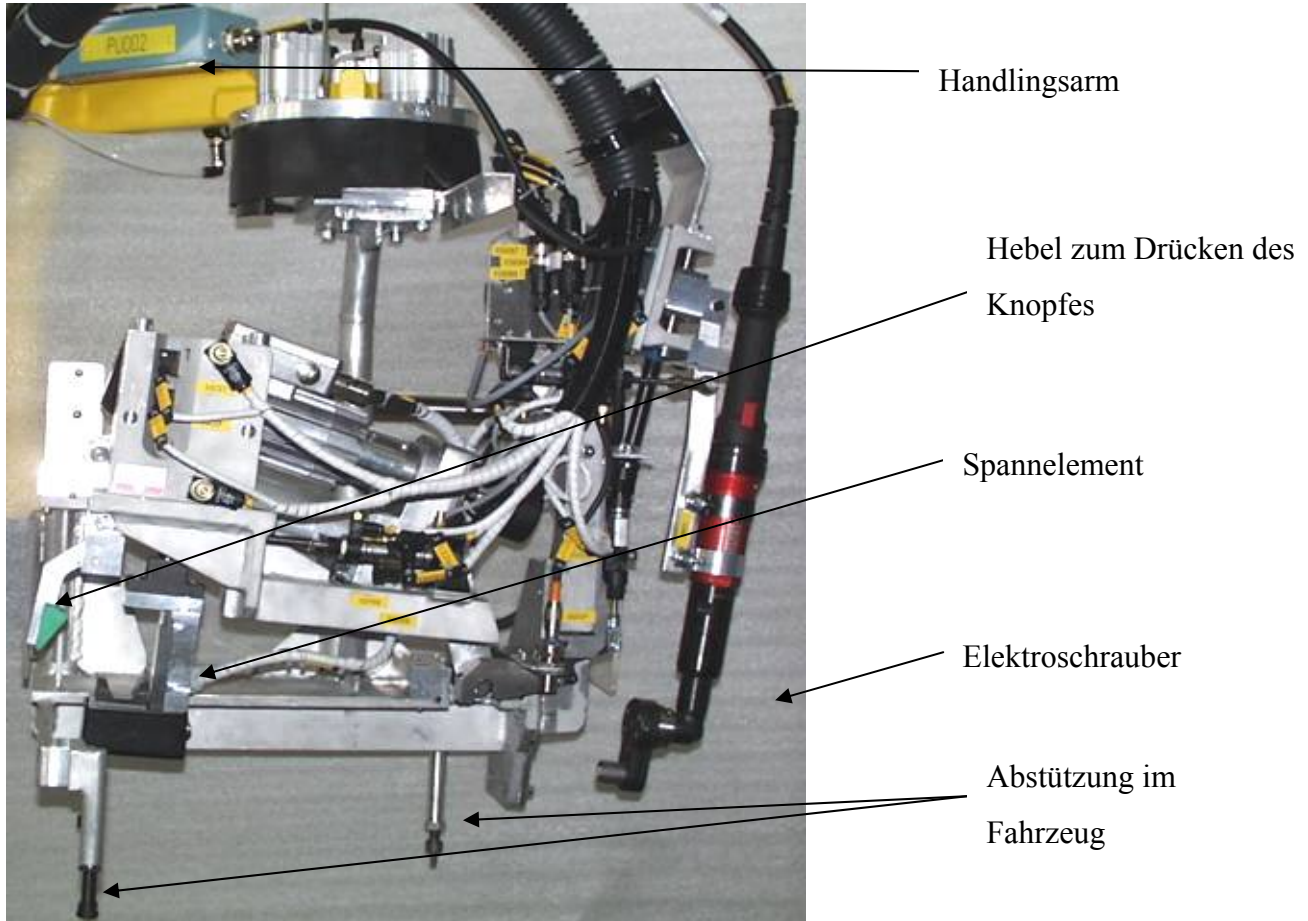


Abbildung 8 **Einstellwerkzeug**¹⁰

Für jede Funktion die vom Werkzeug ausgeführt werden muss ist ein elektrischer oder pneumatischer Antrieb notwendig. Daraus ergeben sich die Nachteile dieser Einstellvariante. Die pneumatischen Zylinder und Servomotoren, sowie die Energiezuleitungen und die Abstützung, verursachen eine Masse des Werkzeugs von 30 kg. Das Einsetzen durch einen Werker ist nur mittels des Handlingsarms möglich, da ein wiederholtes Arbeiten mit Werkzeugen dieser Masse unzulässig ist.

Erhöhter Aufwand und Kosten, sowie Platzbedarf entsteht durch die verfahrbare Konsole an der der Handlingsarm befestigt ist und die notwendige Antriebstechnik.

¹⁰ Produktpräsentation „Automatische Handbremseinstellung“ Dürr Somac GmbH

Über eine Energieführungskette ist die Konsole mit der so genannten Grundeinheit verbunden. In der Grundeinheit befinden sich die Druckluftaufbereitung und die elektrischen Anschlüsse, sowie die Steuerung des Werkzeugs.

Über einen PC werden die gewonnen Daten aus Kraft- und Winkelmessung gesammelt und ausgewertet. Weichen die Werte von den vorgegebenen Sollwerten ab, wird das Fahrzeug für die Nacharbeit markiert.

Die automatische Einstellung ermöglicht eine hohe Reproduzierbarkeit und gleich bleibende Qualität. Der Bediener hat keinen Einfluss auf den Prozess und kann zudem außerhalb des Fahrzeugs verbleiben, um weitere Montagetätigkeiten durchzuführen.

2.2 Einstellung über pneumatischen Zylinder

Eine weitere, im Vergleich zur Automatischen Handbremseinstellung einfache Variante, ist das Auslenken über einen pneumatischen Zylinder ohne Messung von Parametern.

Am Zylinder befindet sich eine Aufnahme für den Handbremshebel. Diese wird auf den Hebel aufgesteckt und gespannt. An der Gegenseite des Zylinders befindet sich eine bewegliche Abstützung die im Fahrzeug mittig vor der Handbremse an Fixierpunkten aufgesetzt wird.

Der Werker beginnt den Prozess durch Drücken einer Starttaste am Zylinder. Durch das Aus- bzw. Einfahren der Kolbenstange wird der Handbremshebel ausgelenkt und das Seil gereckt. Die gleich bleibend an den Hebel angreifende Kraft kann über den Luftdruck im Zylinder eingestellt werden. Da sich die Kraft im Zylinder aus dem Produkt von Querschnittsfläche mit dem anliegenden Druck ergibt, kann eine definierte Reckkraft gewährleistet werden. Die Auslenkung des Handbremshebels ist durch die Länge der Kolbenstange gegeben.

Über eine einfache SPS Steuerung oder eine pneumatische Steuerung wird der Zylinder mehrfach ein- und ausgefahren. Danach stellt der Werker über eine Elektroschrauber, der als Drehmomentschlüssel dient, die Mutter an der Brücke fest, bis die anliegende Kraft vollständig von den Seilen aufgenommen wird.

Am Ende wird die Aufnahme vom Handbremshebel gelöst und der pneumatische Zylinder aus dem Fahrzeug entnommen.

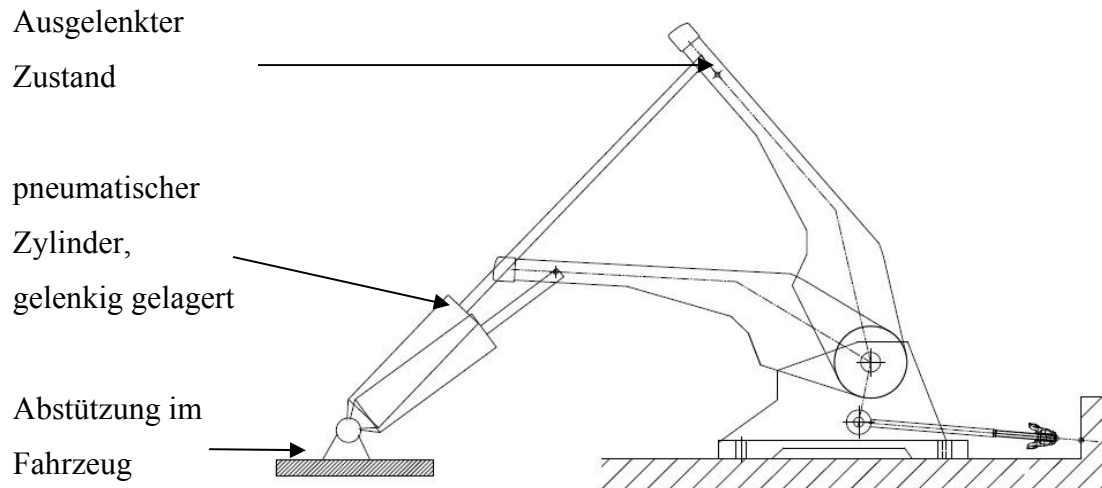


Abbildung 9 Schematische Darstellung pneumatischen Einstellung ¹¹

Der Kraftangriff des Zylinders geht direkt an den Handbremshebel und der Krafteinleitungspunkt bleibt stets konstant. Der Aufwand der Anlagentechnik ist bei dieser Variante sehr gering.

Während des Prozess werden keine Parameter wie Kraft oder Winkelauslenkung gemessen und geprüft. Die Funktionstüchtigkeit der Feststellbremse kann erst auf einem Bremsenprüfstand festgestellt werden.

Durch die fehlende Kraftmessung kann es zu unvollständigen Reckvorgängen kommen, sodass die Seile unter Umstände locker oder nicht vorgespannt sein können. Außerdem ist eine hohe Reproduzierbarkeit und gleichbleibende Qualität nicht gewährleistet.

Es gibt eine weitere Variante der pneumatischen Einstellung mit Parametererfassung. Die Firma *Dürr Somatic* hat ein solches Werkzeug entwickelt und gebaut. Die Einstellung erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie die einfache pneumatische Einstellung.

Der Zylinder sitzt über den Handbremshebel und ist über eine Klemmvorrichtung mit diesem verbunden.

¹¹ eigene Darstellung (AutoCAD)

Das Wegmesssystem ist im Zylinder integriert. Die Messung erfolgt über einen Inkrementalgeber an der Kolbenstange.

In der Klemmvorrichtung, unterhalb des Handbremshebels, befindet sich eine Kraftmessdose. Mit dieser kann der Kraftbetrag, der auf den Handhebel wirkt, gemessen werden.

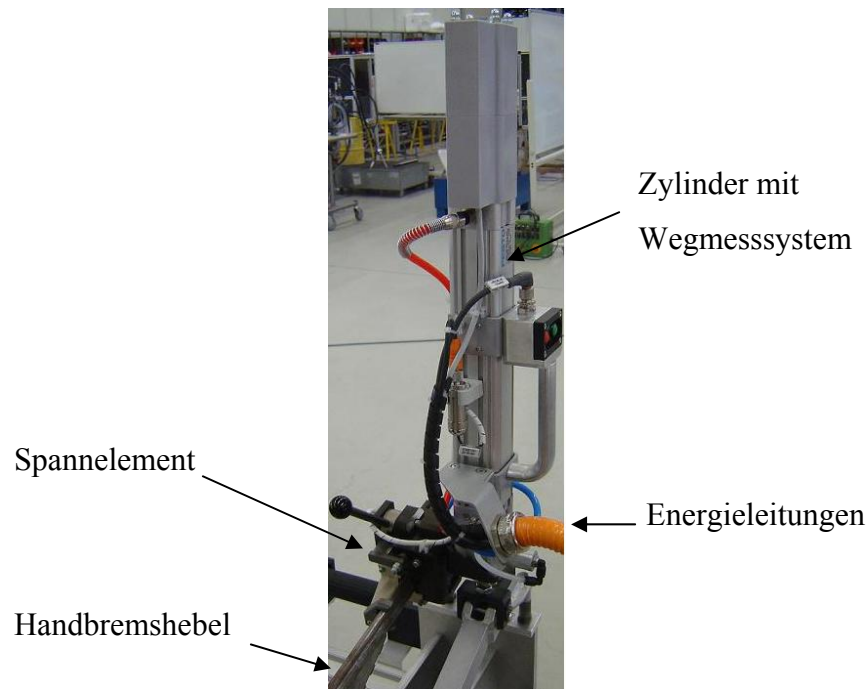


Abbildung 10 pneumatisches Einstellwerkzeug ¹²

Die Nutzung eines pneumatischen Antriebs verursacht entscheidende Nachteile. Um die notwendige Auslenkung des Handhebels zu erreichen ist ein Zylinder mit großem Hub notwendig. Dadurch hat das Werkzeug verhältnismäßig große Abmaße. Zudem entsteht für den Werker durch diesen Aufbau ein ungünstiger Schwerpunkt, der die Handhabung des Werkzeugs erheblich verschlechtert.

Auch die Energieleitungen zur Versorgungseinheit behindern den Bediener beim Einsetzen in das Fahrzeug. Zudem hat das Werkzeug eine Masse von etwa 7 kg.

Durch die Kompressibilität von Luft arbeitet das Wegmesssystem sehr ungenau. Beim stoppen der Verfahrbewegung gibt es eine Art Federwirkung durch die Druckluft. Dies verfälscht das Messergebnis. Durch die federnde Wirkung kann es auch zu unvollständigen Reckvorgängen kommen.

¹² eigene Darstellung

3 Handset als Kraftaktuator

3.1 Anwendungen und Aufbau

Die Firma *Dürr Somac GmbH* hat ein Gerät entwickelt, welches zur Prüfung der Funktion und Dichtheit des Bremssystems der Betriebsbremse im Fahrzeug dient. Eine breite Anwendung dafür findet sich an der Bandendeprüfung sowie im Nacharbeitsbereich in der Automobilindustrie.

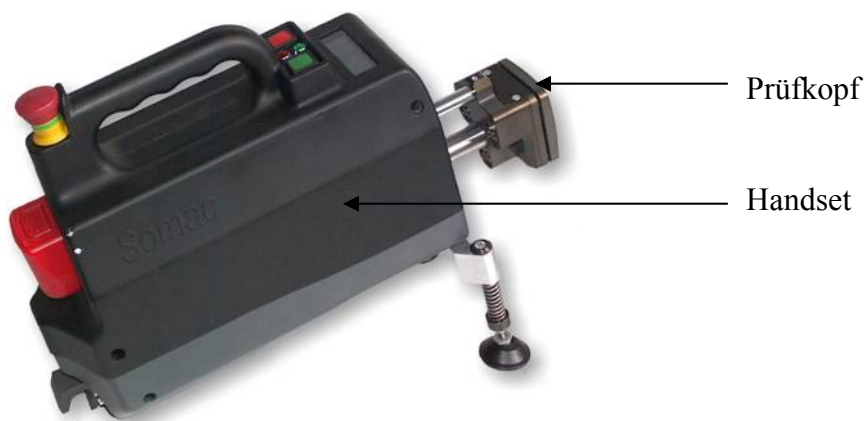


Abbildung 11 Bremsenprüfgerät ¹³

Dieser so genannte Pedalchecker funktioniert kabellos. Energie erhält das Gerät durch einen Akku. Die Datenübertragung wird durch ein Funkmodul realisiert.

Das Prüfgerät wird im Fußraum des Fahrzeugs durch einen Werker positioniert. Der Bediener beginnt den Prüfvorgang durch Drücken der Starttaste. Über eine Kugelspindel, die über einen Gleichstrom Servomotor angetrieben ist, wird der Prüfkopf auf das Bremspedal gedrückt und das Bremssystem belastet. Das Handset simuliert so einen Bremsvorgang. Die Hydraulik des Bremssystems im Fahrzeug übt eine Gegenkraft auf das Bremsenprüfgerät aus. Über eine Kraftmessdose wird die aufgebrachte Kraft und über ein Wegmesssystem der Pedalweg gemessen.

Die Daten werden über WLAN an einen PC in der so genannten Basisstation gesendet und dort verarbeitet. Anhand dieser Parameter kann eine Aussage über die

¹³ Produktpräsentation „Bremsendichtigkeitsprüfung“ Dürr Somac GmbH

Qualität, d.h. die Wirkung des Bremssystems getroffen werden. Undichtigkeiten, Lufteinschlüsse im System, sowie die richtige Pedalstellung können so überprüft werden.

Das Handset kann Prüfkraft bis zu 1000 N aufbringen und der maximale Verfahrweg der Spindel beträgt 135 mm. Dabei gibt es zwei Varianten des Gerätes. Das Standardmodell mit 800N maximaler Kraft und die Variante mit maximal 1000N. Von den äußeren Abmessungen sind beide Werkzeuge nahezu identisch. Das Gerät mit größerer Prüfkraft hat eine etwas höhere Masse.

Das Wegmesssystem, realisiert durch einen rotierenden Inkrementalgeber, hat eine maximale Auflösung von 0,1 mm. Kräfte können durch einen Kraftsensor mit DMS auf eine Genauigkeit von bis zu 1N bestimmt werden.



Abbildung 12 Bremsenprüfgerät im Fahrzeug ¹⁴

3.2 Vorteile des Handset

Da keine Leitungen zur Energieversorgung notwendig sind hat das Gerät ein gutes Handling. Auf Grund des geringen Eigengewichts von 4,9 kg ist kein Handlingsarm oder ähnliches notwendig. Das Gerät wird einfach von einem Werker eingesetzt.

Als Abstützung dient eine Fahrzeugspezifische Abstützung, die an die im Fahrzeug vorhandene Sitzschiene angepasst werden muss. Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass das Handset für jedes Fahrzeugmodell einsetzbar ist.

¹⁴ Produktpräsentation „Bremsendichtigkeitsprüfung“ Dürr Somac GmbH

Nach dem Prüfprozess muss das Handset nicht zur Basisstation zurück gebracht werden, sondern kann gleich in das nächste Fahrzeug eingesetzt werden. Über das Funksignal besteht ein ständiger Kontakt zwischen Handset und Basisstation.

Der Platzbedarf der eigentlichen Anlage beträgt ein Quadratmeter, da nur eine Empfangs- und Ladestation für den Betrieb benötigt wird. Das Aufstellen der Anlage bezogen zum Fahrzeug, ist nur durch die Stärke des WLAN-Signals beschränkt. Weiterhin kann eine solche Station mit bis zu vier Handsets arbeiten. Diese vier Handsets können gleichzeitig betrieben werden und die ermittelten Daten an den PC senden.

Das Handset kann bis zu 100 Prüfzyklen je Akkuladung abarbeiten. Weiterhin werden die ermittelten Daten auch im Handset gespeichert, um einen Verlust, beispielsweise bei Störung des Funksignals, zu verhindern.

4 Ziel und Aufgabe

Für die Einstellung der Feststellbremse soll das Handset als Kraftfaktor eingesetzt werden. Dabei sollen die Möglichkeiten des Handsets zur Kraft- und Wegmessung genutzt werden. Das Handset muss den Handbremshebel auslenken und eine Prüfkraft aufbringen. Die gemessenen Parameter Kraft und Weg werden an die Empfangsstation gesendet. Ein PC gleicht die ermittelten Daten mit den Sollwerten ab und bewertet den Einstellvorgang. Bei Abweichungen der Parameter wird das Fahrzeug für die Nacharbeit markiert.

Um die Kraft des Handsets in den Hebel der Feststellbremse einzuleiten ist die Konstruktion einer Baugruppe notwendig. Diese soll einerseits als Abstützung für das Handset dienen, sowie als Getriebe um die lineare Bewegung der Spindel des Handsets in eine Auslenkbewegung des Handbremshebels zu wandeln. Außerdem muss der Handbremshebel gespannt und der Knopf, zum Lösen der Verriegelung des Hebels, gedrückt werden. Dies ist durch die zu entwickelnde Konstruktion umzusetzen.

Die Verstellung der Mutter an der Brücke soll durch einen Werker mit Hilfe eines Elektroschrauber vorgenommen werden.

Durch die Nutzung des Handsets, kann der Vorteil genutzt werden, dass der Werker das Einsetzen des Handsets in seinen Tätigkeitsablauf einordnen kann. Weiterhin ist das System nicht an Schnittstellen wie beispielsweise Stahlbau oder Fahrantrieben gebunden. Großer Aufwand durch mitfahrender Konsole und Handlingsarm können gespart werden.

Qualitativ gute Prüfprozesse durch die Kraft- und Wegmessung des Handsets können zudem gewährleistet werden.

Gleichbleibende Prüfprozesse ermöglicht die Abstützung des Werkzeugs im Fahrzeug. Die Relativposition der Handbremse zu diesen Punkten, innerhalb eines Fahrzeugtyps, ist gleich bleibend. Abweichungen sind nur durch die Toleranzen innerhalb dieser Geometrien bedingt.

Ziel ist es, eine Baugruppe zu entwerfen und konstruktiv umzusetzen, mit der unter gegebenen Bedingungen, diese Einstellvariante für die Feststellbremse möglich wird. Am Ende soll ein detailliertes CAD-Modell und abgeleitete Zeichnungen entstehen, die die Fertigung des Werkzeugs ermöglichen.

5 Betrachtung der gegebenen Bedingungen

Für die Konstruktion der Baugruppe gibt es Vorgaben und Bedingungen die erfüllt und Beachtet werden müssen.

Die Auslenkung des Handbremshebels muss durch die Baugruppe gewährleistet sein.

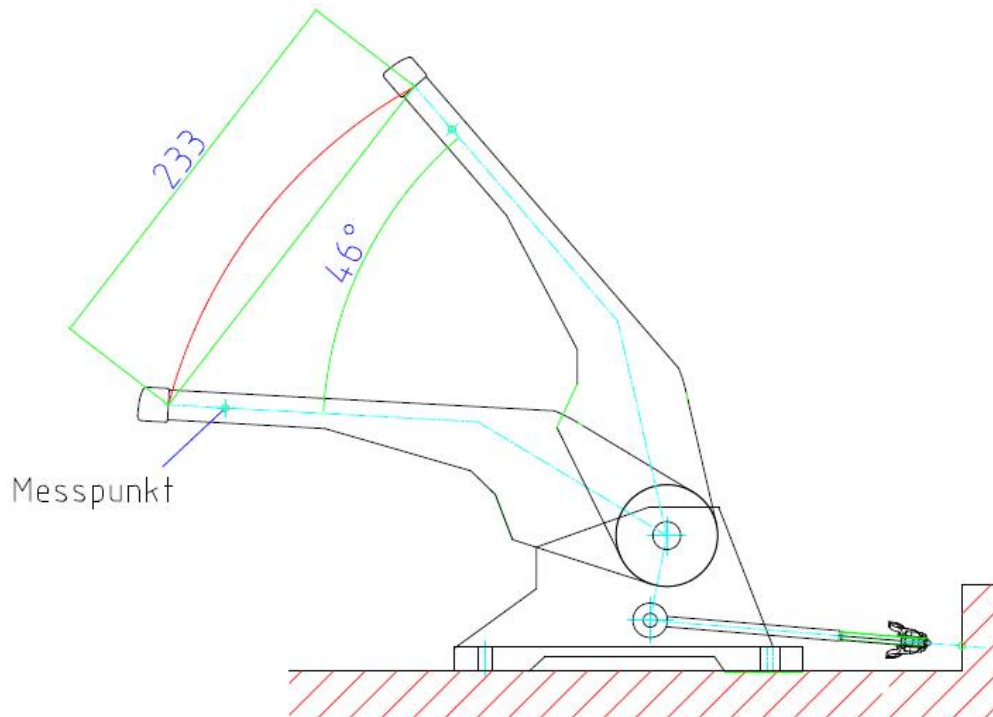


Abbildung 13 notwendiger Weg Handbremshebel¹⁵

Der direkte Weg, bei einer Auslenkung des Handbremshebels von 46° beträgt rund 233 mm. Die Auslenkung der Konstruktion soll wenigstens 48° betragen um die maximal mögliche Auslenkung im Betrieb zu verhindern und eine Beschädigung zu vermeiden.

Am Messpunkt soll eine Kraft von 350 N im Ausgelenkten Zustand wirken. Diese Kraft darf in einem Toleranzfeld von ± 50 N liegen, d.h. die Mindestkraft beträgt 300 N, die Maximalkraft 400N. Das Kraftmesssystem, über einen Kraftsensor mit DMS hat eine Messgenauigkeit von $\pm 1\%$ und eine Regelgenauigkeit von ± 1 N. Die Betrachtung über die Einhaltung dieser Toleranz erfolgt anhand der ausgearbeiteten Konstruktion.

¹⁵ eigene Darstellung (AutoCAD)

Die Werte für die Mindestauslenkung sowie der Betrag der wirkenden Kraft werden von den Automobilherstellern festgelegt. Grundlage für diese Konstruktion ist die *Produktdetail Montageanweisung* (kurz PDM-Blatt) des Fahrzeugherstellers VW. Darin werden Einstellparameter und Montagevorschriften aufgelistet. Alle beschriebenen Bedingungen beziehen sich auf dieses Anweisungsblatt. Ein Auszug aus dem PDM-Blatt befindet sich im Anhang.

Die Krafteinleitung soll konstant an einem Messpunkt sein. Eine wechselnde Krafteinleitung, zum Beispiel über eine Rolle die am Handbremshebel auf einer Fläche entlang führt, soll vermieden werden.

Die direkte Fahrzeugumgebung hat auch Einfluss auf die Baugruppe, da Störkanten, wie zum Beispiel der Schalthebel, umgangen werden müssen und Fahrzeugspezifische Punkte für die Abstützung notwendig sind.

Der Handbremshebel, besonders der Knopf zum Lösen der Verriegelung, dürfen durch die Baugruppe, besonders beim Spannen des Werkzeugs, nicht beschädigt werden.

Eine weitere wichtige Bedingung ist die maximale Masse der Konstruktion. Die Baugruppe darf nicht schwerer als 5 kg sein. Dies wird durch die Norm DIN EN 1005 Teil 1 bis 4 festgelegt, da ein Werker die Baugruppe mehrfach pro Stunde, während seiner Arbeitsschicht, in das Fahrzeug einlegen muss.

Durch den ständigen Gebrauch sollte auch die Sicherheit, beispielsweise durch scharfkantige Bauteile, für den Bediener nicht gefährdet werden.

Für die Kraftaufbringung sollte das 800N oder das 1000N Handset der Bremsendichtigkeitsprüfung verwendet werden. Dafür ist gegebenenfalls der Kopf der Spindel am Handset zu verändern. Bei den Handsets steht ein maximaler Hub der Spindel von 135 mm zur Verfügung.

Die Querbelastungen auf das Handset sind so gering wie möglich zu halten. Dies kann beispielsweise durch eine Lagerung der Einhängung des Handsets ermöglicht werden.

Alle folgenden Koordinaten und Lagebeschreibungen beziehen sich auf das Fahrzeugkoordinatensystem. Der Nullpunkt dieses dreidimensionalen, rechtshändigen Koordinatensystems befindet sich in der Mitte der Fahrzeugvorderachse. Die positive x-Achse zeigt entgegen der Fahrtrichtung des Fahrzeugs, die positive y-Achse nach rechts und die positive z-Achse nach oben.¹⁶

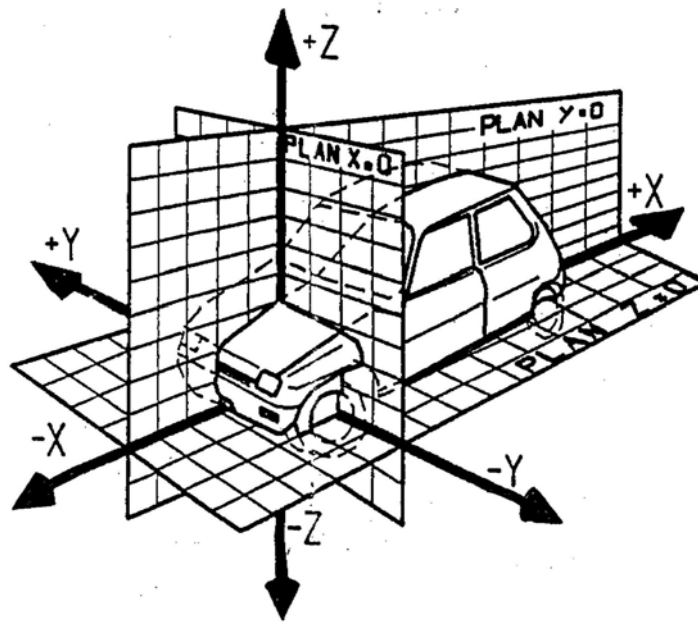


Abbildung 14 Fahrzeugkoordinatensystem¹⁷

¹⁶ [8]

¹⁷ [8]

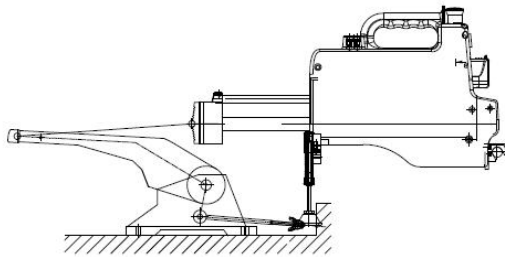
6 Variantenentwicklung und -auswahl

6.1 Variantenentwicklung

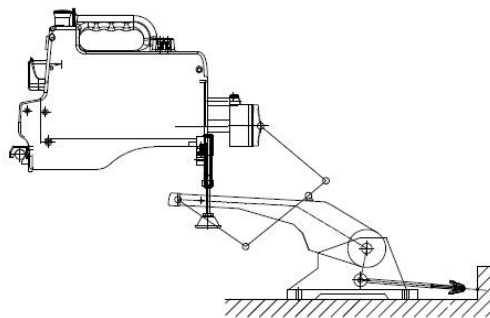
Zunächst bestand die Aufgabe darin, ein Getriebe zu entwerfen um den notwendigen Weg des Handbremshebels zu erreichen.

Mit Hilfe der Software *AutoCAD* von *Autodesk* wurden erste Entwürfe gemacht, um die machbaren Möglichkeiten aufzuzeigen. Die ersten Ideen sollten nur die verschiedenen Möglichkeiten aufzeigen ohne genaue Betrachtung der erreichbaren Kräfte.

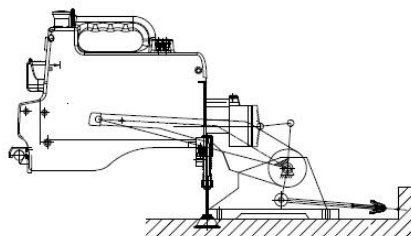
Aus den Skizzen stellten sich drei unterschiedliche Varianten als machbar heraus, welche die vorgegebenen Bedingungen erfüllten.



Variante 1
Direktes ziehen



Variante 2
Koppelgetriebe



Variante 3
Winkelhebel

Abbildung 15 Skizzen der 3 Varianten¹⁸

¹⁸ eigene Darstellung (AutoCAD)

Bei Variante 1 soll der Handbremshebel über eine Art Zugstange, durch ziehen, von seiner Ausgangslage in die Endstellung gelenkt werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Auslenkung über ein Koppelgetriebe durch Möglichkeit 2.

Variante 3 lenkt den Handbremshebel über einen Winkelhebel aus, der möglichst nahe am Drehpunkt des Handbremshebels gelagert ist.

Diese Entwürfe wurden mit Hilfe der Getriebesimulationssoftware *SAM 5.1* dargestellt. Genaue Koordinaten der einzelnen Getriebepunkte konnten dadurch bestimmt werden. Die groben Abmaße der Konstruktion wurden abschätzbar. Außerdem konnte mit dieser Software geprüft werden, ob der notwendige Auslenkweg des Hebels erreicht wird. Die Zeichnungen aus diesem Programm befinden sich im Anhang.

6.2 Variantenvergleich

Aus den drei Varianten sollte die optimale ausgewählt werden. In einem Vergleich wurden die verschiedenen Lösungsansätze gegenübergestellt. Der Vergleich wurde nach der VDI-Richtlinie 2225 durchgeführt.

Um dies möglich zu machen mussten Vergleichskriterien gefunden werden. Im Folgenden werden diese genannt und genauer erläutert.

Aufbau Konstruktion:

Darunter ist der Aufbau der Baugruppe im Allgemeinen zu verstehen. Es sollte möglichst einfach aufgebaut und dies mit wenigen Bauteilen. Fertigungs- und Materialkosten müssen so gering wie möglich gehalten werden. Außerdem darf die Baugruppe in Richtung positiver Z-Achse nicht sehr hoch aufbauen. Die Konstruktion soll mit dem Handset sehr kompakt sein.

Ergonomie:

Das Gewicht darf 5 kg nicht überschreiten. Grundlage dafür ist DIN EN 1005 Teil 1 bis 4. Diese Norm legt die Gewichtsgrenzen fest, die für Arbeiter zumutbar ist. Da die Tätigkeit des Einlegens der Baugruppe während einer Arbeitsschicht oft wiederholt wird, ist diese Gewichtsgrenze festgelegt. Je geringer das Gewicht, umso

besser für den Werker. Es ist davon auszugehen, dass ein einfach aufgebautes Getriebe leichter ist, als ein komplexes.

Ein weiterer Gesichtspunkt der Ergonomie ist das Handling für den Bediener. Das wichtigste hierfür ist die Einbaulage des Handsets. Eine waagerechte Position ist auf Grund des Schwerpunkts des Handsets optimaler als eine Winkellage oder ein senkrecht Einsetzen. Außerdem sollte der Schwerpunkt mittig liegen.

Krafteinleitung:

Die Krafteinleitung am Handbremshebel sollte konstant an einem Punkt sein. Von den Fahrzeugherstellern ist ein Messpunkt vorgegeben, an dem in einer bestimmten Winkelauslenkung die vorgegebene Kraft auf den Hebel wirken soll.

Ein wechselnder, sich verschiebender Krafteinleitungspunkt ist daher ungünstig. Außerdem ist die Kraftmessung durch die sich verschiebenden Hebelarme problematisch. Zudem wäre eine Führungsschiene oder ähnliches am Handbremshebel notwendig, da es an dem Hebel keine geeignete Fläche gibt, um beispielsweise mit einer Rolle daran abzurollen.

Weg:

Es ist ein Mindestweg der Auslenkung des Handbremshebels vorgegeben. Da eine Auslenkung von mindestens 46° erreicht werden muss, ergeben sich aus der Geometrie der Handbremse nachfolgende Werte.

In X-Richtung: 165 mm, in Z-Richtung 190 mm. Der direkte lineare Weg des Messpunktes beträgt rund 230 mm. Diese Werte sind als Untergrenze zu betrachten.

Wirkungsgrad:

Das Handset kann eine Kraft von maximal 1000 N aufbringen. Am Messpunkt muss im Ausgelenkten Zustand die Kraft wenigstens 350 N [± 50 N] betragen. Um Verluste durch Reibung und ähnlichem mit zu berücksichtigen, sollte die berechnete Kraft am Messpunkt 400 N betragen. Die Verluste durch Reibung und ähnlichem werden zunächst mit 10 % veranschlagt.

Querkraftbelastung auf das Handset:

Auf das Handset wirken Querkräfte, wenn der Kraftangriff nicht senkrecht zur Baugruppe ist. Durch die Querkräfte entstehen erhöhte Belastungen auf das Handset, die den Verschleiß erhöhen und die Lebensdauer verringern. Geringe bzw. keine Querkräfte können erreicht werden, in dem das Handset nicht starr, sondern gelagert auf der Baugruppe sitzt.

Platzverhältnisse:

Der Raum für das Handset und die Baugruppe ist durch das Fahrzeug begrenzt. Besonders in $-Z$, in Richtung Fahrzeugboden und in $-X$, Richtung Schalthebel, ist verhältnismäßig wenig Freiraum.

Durch den Aufbau des Handsets und der Abstützung ergibt sich auch eine „Mindesthöhe“ in Richtung $+Z$ die beachtet werden muss. Eine Anbringung des Handsets unterhalb des Handbremshebels ist theoretisch am günstigsten, praktisch allerdings nicht umsetzbar.

Toleranz / Verschleiß:

Durch die Lagerung der Getriebeglieder ergeben sich Ungenauigkeiten beim Messen der Kraft. Diese werden zudem durch die Hebelverhältnisse weiter verstärkt. Das bedeutet, dass sich die Messtoleranz vergrößert. Durch eine geringe Anzahl von Getriebegliedern kann die Ungenauigkeit verringert werden.

Eine Fehlervergrößerung durch das Übersetzungsverhältnis kann allerdings nicht verhindert werden.

Die Kriterien wurden in einer Tabelle zusammengefasst und die Varianten entsprechend bewertet. Laut VDI 2225 nach folgender Bewertungsskala:

Werteskala	
VDI 2225	
Pkt.	Bedeutung
0	unbefriedigend
1	noch tragbar
2	ausreichend
3	gut
4	sehr gut

Tabelle 1 Werteskala VDI 2225 ¹⁹

Wird eine Variante mit „0“ bewertet, so ist dies ein Ausfallkriterium, da diese Variante das entsprechende Kriterium nicht erfüllen kann.

Den Kriterien wurde in der Tabelle eine Gewichtung (W) zugeordnet. Diese müssen in der Summe „1“ (100%) ergeben. Als wichtigste Kriterien wurden „Weg“, „Platzverhältnisse“ und „Wirkungsgrad“ ausgewählt.

Die Wertung der einzelnen Variante je Kriterium ergibt sich aus der Multiplikation der gegebenen Punktzahl mit dem Wichtungsfaktor. Die Gesamtwertung der einzelnen Varianten ergibt sich aus der Summe der Einzelwertungen. Die Gesamtwertung kann zwischen 0 und 4 Punkten liegen.

Nach einer Bewertung der einzelnen Varianten im Team, ergibt sich die Bewertungstabelle auf der nachfolgenden Seite.

Die Variante Nummer 3, der Winkelhebel, ist mit 3,2 Punkten die beste der betrachteten Lösungsansätze. Nach der VDI-Richtlinie ist die Variante mit „gut“ zu bewerten. Diese Variante wurde zur genaueren Betrachtung und konstruktiven Umsetzung ausgewählt.

¹⁹ VDI 2225

Variantenbewertung Getriebe für Handset							
Kriterien	Wichtungs- faktor	Varianten					
	W	V1		V2		V3	
		Pkt. P	Wertung P*W	Pkt. P	Wertung P*W	Pkt. P	Wertung P*W
Aufbau Konstruktion	0,05	3	0,15	1	0,05	3	0,15
Ergonomie	0,1	4	0,4	2	0,2	3	0,3
Krafteinleitung	0,1	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Weg	0,2	3	0,6	4	0,8	3	0,6
Wirkungsgrad	0,15	2	0,3	0	0	3	0,45
Querkraftbelastung Handset	0,1	1	0,1	2	0,2	4	0,4
Platzverhältnisse	0,2	3	0,6	2	0,4	3	0,6
Toleranz / Verschleiß	0,1	3	0,3	1	0,1	3	0,3
Wertungssumme	1		2,85		2,15		3,2
V 1 - direkt		<div></div> Ausfallkriterium					
V 2 - Koppelgetriebe							
V 3 - Winkelhebel							

Tabelle 2 Variantenbewertung

7 Nachweis von erreichbarer Kraft und Weg des Winkelhebel

7.1 Betrachtung des erreichbaren Weges

Grundlage für die Betrachtung der erreichbaren Wege ist die Getriebesimulationssoftware *SAM 5.1*.

Mit Hilfe des Programms wurden erste Koordinaten festgelegt, um die erforderlichen Auslenkungswege zu erreichen. Dadurch ergaben sich auch die Abmaße des Winkelhebels der Konstruktion.

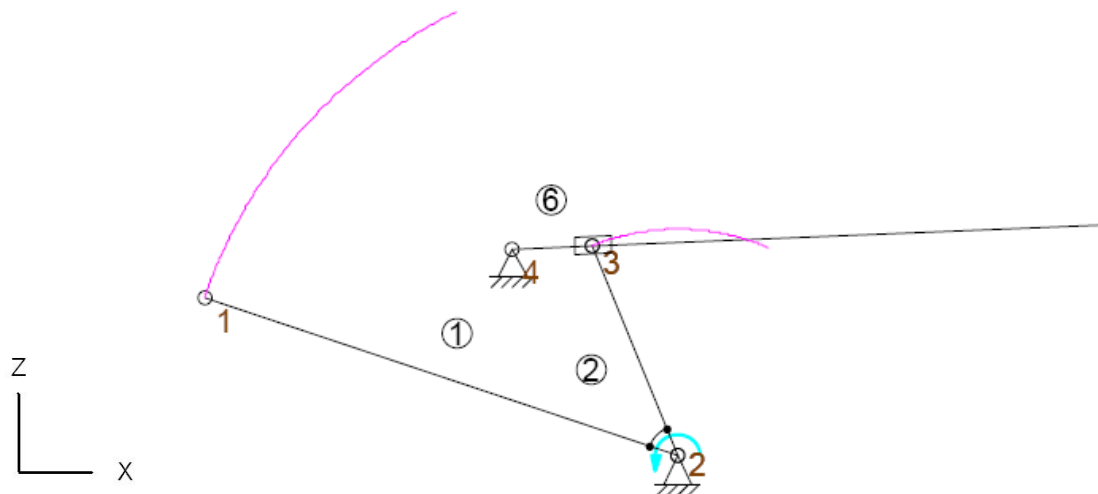


Abbildung 16 Bewegungsmodell Winkelhebel ²⁰

Der Antrieb des Winkelhebels erfolgt über das Gelenk 3, welches sich auf der Gelenkstange 6 entlang bewegt. Der Winkelhebel besteht aus Gelenkstange 1 und 2, die fest miteinander verbunden sind. Durch diesen wird der Punkt 1, der dem Messpunkt am Handbremshebel entspricht, um den Gelenkpunkt 2 gedreht.

Über die Getriebesimulationssoftware lassen sich auch die Beträge der zurückgelegten Wege einzelner Punkte darstellen. Um die volle Auslenkung zu

²⁰ eigene Darstellung (SAM 5.1)

erreichen, muss sich der Punkt 1 in x-Richtung 165 mm und in z-Richtung 190 mm bewegen. Der Punkt 1, der dem Prüfkopf des Handset entspricht, darf dabei einen Weg von höchstens 135 mm zurücklegen.

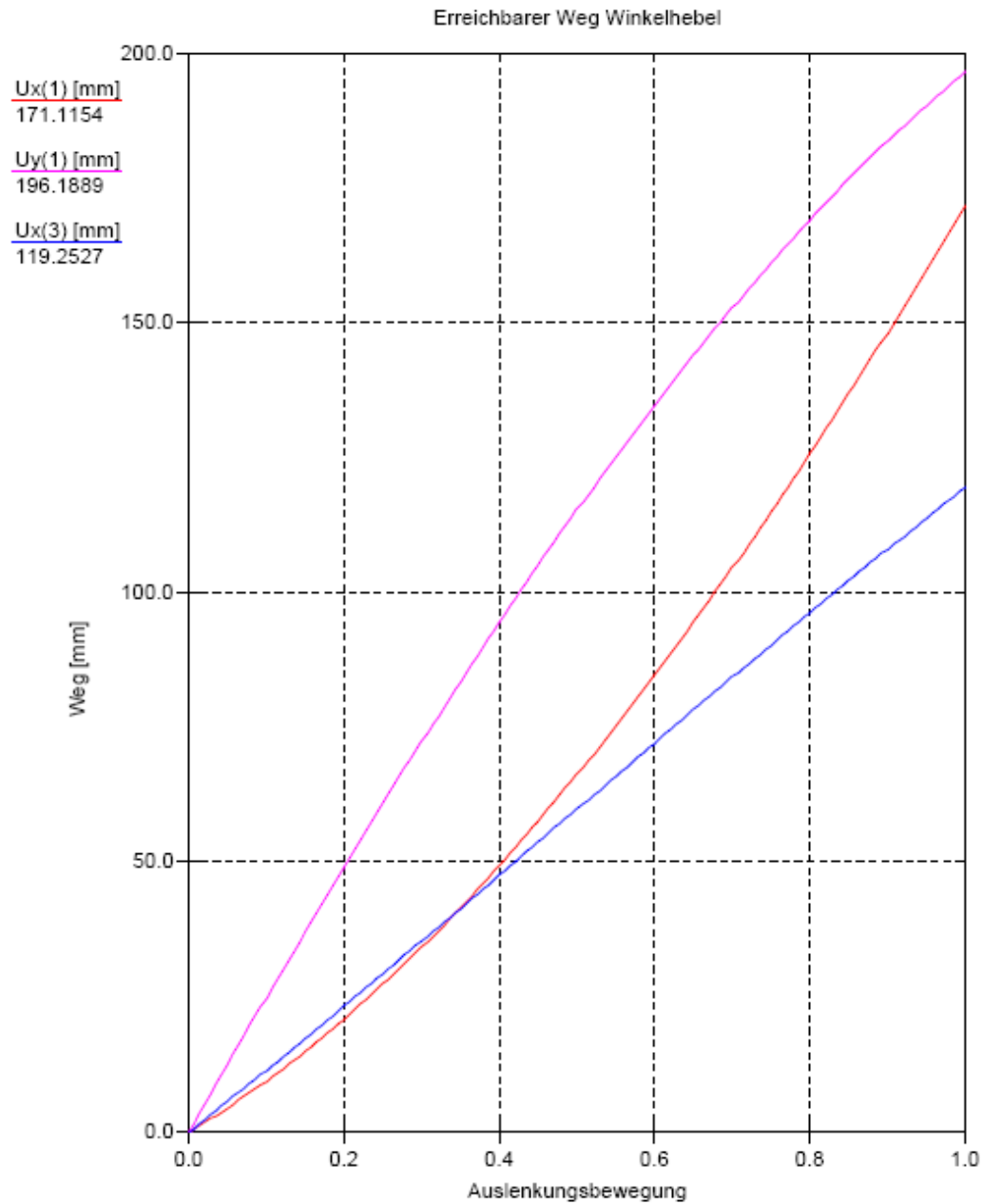


Abbildung 17 Diagramm zur Darstellung des erreichbaren Weges ²¹

²¹ eigene Darstellung (SAM5.1)

Auf der Ordinatenachse ist der Relativweg der Gelenkpunkte angetragen, an der Abszisse der Wert der Auslenkungsbewegung. Der Wert „1“ an dieser Achse bedeutet, dass die maximale Auslenkung des Winkelhebels erreicht ist.

Zu beachten ist, dass die Koordinate y der Software, der Koordinate z, bezogen auf den Fahrzeugnullpunkt entspricht.

Im Diagramm ist erkennbar, dass bei einem Relativweg des Punktes 3 von 120 mm [Ux(3)], der Punkt 1 in x-Richtung 170 mm [Ux(1)] und in z- Richtung 196 mm [Uy(1)] zurücklegt.

Damit kann eine Konstruktion mit den gegebenen Abmaßen die Auslenkung von 48° des Hebels erreichen.

7.2 Kraftberechnung

Grundlage für die Berechnung der wirkenden Kraft am Winkelhebel ist das Hebelgesetz. Dies besagt, dass die Summe aller Momente im gleichen Drehpunkt stets Null ist.

Das Moment wird aus Kraft multipliziert mit dem senkrechten Abstand zum Drehpunkt berechnet.

$$M = r \cdot F$$

Weiterhin gilt, dass die Summe aller Momente um einen Drehpunkt (A) gleich Null ist.

$$\sum M(A) = 0$$

Für den Winkelhebel bedeutet das:

$$F_H \cdot l_1 = F_R \cdot l_2$$

Solange die Kräfte senkrecht auf die Hebelarme wirken.

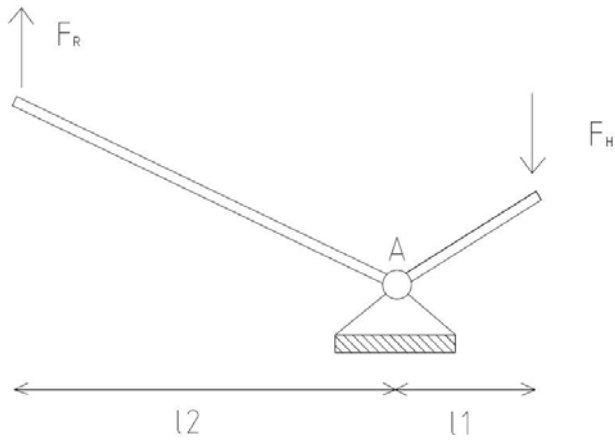


Abbildung 18 Winkelhebel ²²

$F_H = 1000 \text{ N}$ (max. Kraft des Handset)

$l_1 = 165 \text{ mm}$

$l_2 = 340 \text{ mm}$

Die Längen der Hebelarme ergeben sich aus den Vorbetrachtungen des Weges und der konstruktiven Umsetzung.

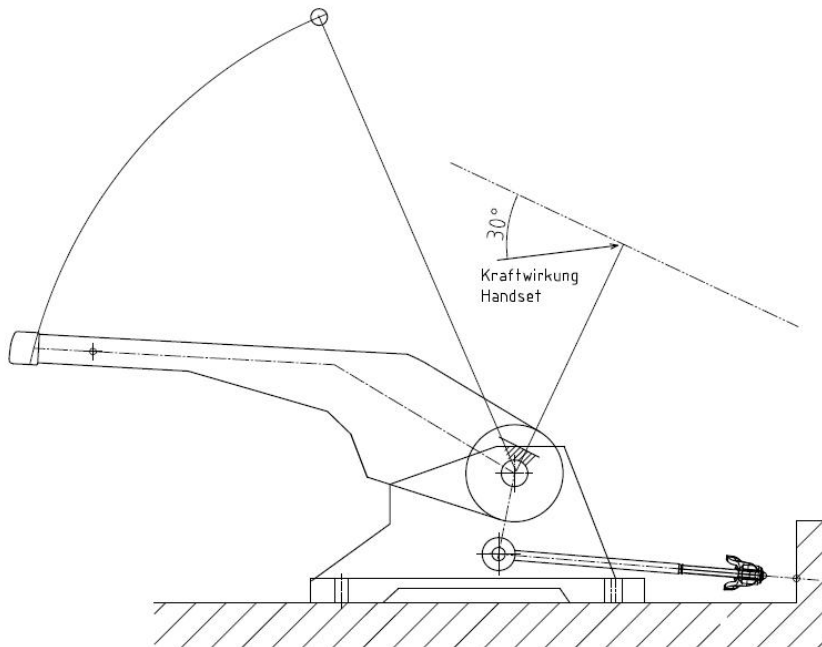


Abbildung 19 Wirkungsrichtung Kraftangriff aus Entwurfszeichnung ²³

²² eigene Darstellung (AutoCAD)

Da die Kraft des Handsets im Ausgelenkten Zustand nicht senkrecht auf den kurzen Hebel wirkt, muss der Winkel α mit einbezogen werden. Dieser Winkel beträgt 30° .

Damit ergibt sich für die tatsächlich angreifende Kraft des Handsets:

$$F_{H \text{ real}} = F_H \cdot \cos \alpha$$

Für die Reaktionskraft am Winkelhebel entsteht die nachfolgende Formel:

$$F_H \cdot \cos \alpha \cdot l_1 = F_R \cdot l_2$$

umgestellt nach F_R :

$$F_R = \frac{F_H \cdot \cos \alpha \cdot l_1}{l_2}$$
$$F_R = \frac{1000[N] \cdot \cos 30^\circ \cdot 165[mm]}{340[mm]}$$
$$\underline{F_R = 420[N]}$$

Da in der Praxis Reibung und sonstige Verluste mit beachtet werden müssen, ist von 10% Verlusten auszugehen. Diese ergeben sich aus dem Wirkungsgrad der Lagerstellen. Es wird von einer Wälzlagerung ($\eta \sim 0,99$) und einer Gleitlagerung ($\eta \sim 0,9$) ausgegangen. Da die Wirkungsgrade miteinander multipliziert werden, ergibt sich ein Gesamt wirkungsgrad η_{ges} von 0,9.

$$F_{R \text{ tatsächlich}} = F_R \cdot 0,9$$

$$\underline{\underline{F_{R \text{ tatsächlich}} \approx 380[N]}}$$

Am Messpunkt des Handbremshebels wirkt bei Ausgelenktem Hebel eine Kraft von 380 N. Damit wird die mittlere Prüfkraft von 350 N erreicht.

Für die Berechnung wurde die Nutzung des Handsets mit max. 1000N Kraftaufbringung zu Grunde gelegt.

Während der Betrachtung sollte außerdem entschieden werden, ob auch das Handset mit einer maximalen Kraft von 800 N genutzt werden kann. Dafür wurde in die Formel der Reaktionskraft am Handbremshebel F_H mit 800N eingesetzt.

²³ eigene Darstellung (AutoCAD)

Dies ergab folgendes Ergebnis:

$$F_R = \frac{F_H \cdot \cos \alpha \cdot l_1}{l_2}$$

$$F_R = \frac{800[N] \cdot \cos 30^\circ \cdot 165[mm]}{340[mm]}$$

$$F_R = 336[N]$$

$$F_{R \text{ tatsächlich}} = F_R \cdot 0,9$$

$$\underline{\underline{F_{R \text{ tatsächlich}} \approx 300[N]}}$$

Die Kraft am Messpunkt ist beim Einsatz des 800N Handset zu gering. Eine Einstellung nach den Vorgaben der Fahrzeughersteller, auf Grundlage des PDM-Blatt, ist dadurch nicht möglich.

Für die Einstellung muss das 1000 N Handset verwendet werden.

8 Konstruktive Umsetzung

Grundlagen für die Entwicklung der Konstruktion sind, wie bei den Betrachtungen von Kraft und Weg, die Entwürfe mit dem Zeichenprogramm *AutoCAD*. Modelliert wurde die Baugruppe mit der 3D-CAD Software *CATIA V5*.

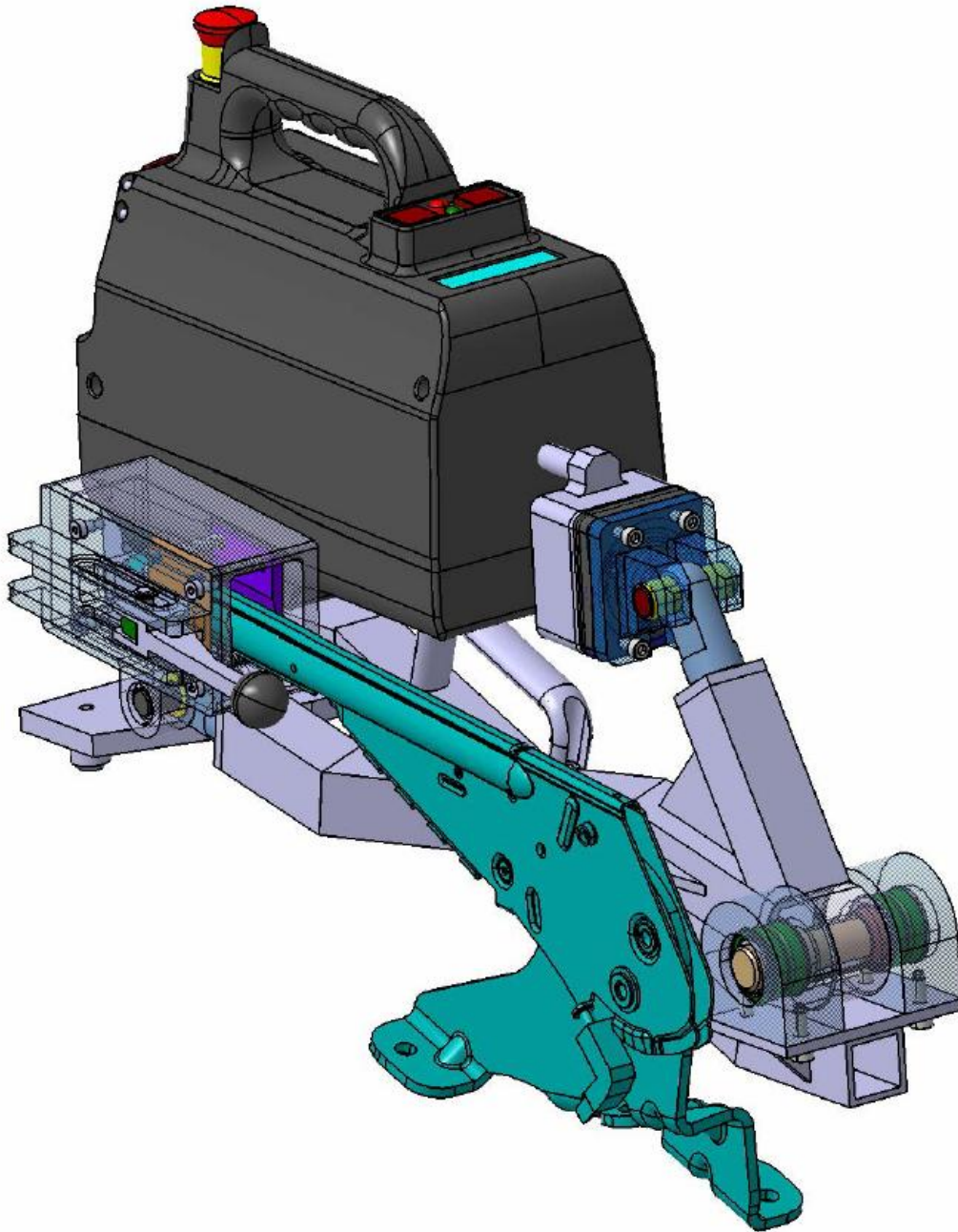


Abbildung 20 Handbremseinstellgerät mit Handset an Handbremshebel²⁴

²⁴ eigene Darstellung (CATIA V5)

Die entwickelte Konstruktion wird in vier Baugruppen unterteilt. Die Abstützung, der Winkelhebel und die Aufnahme für den Handbremshebel bilden das eigentliche Werkzeug. Die Einhängung, bestehend aus zwei Teilen, ist eine notwendige Erweiterung für das Handset.

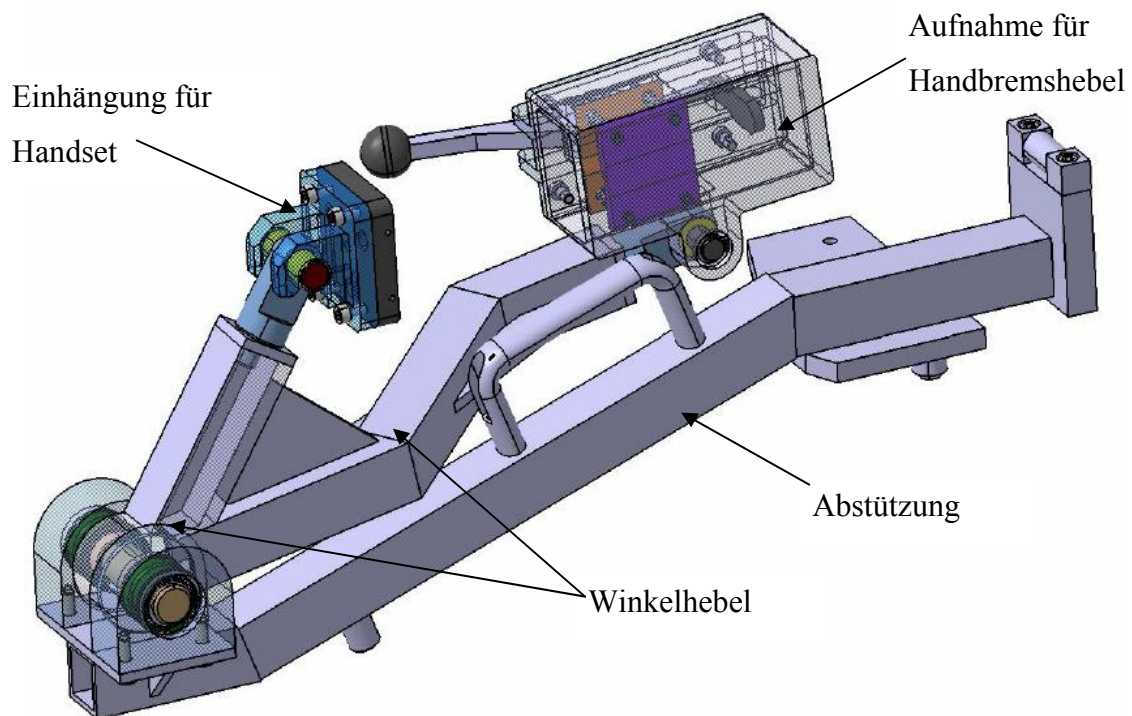


Abbildung 22 entwickeltes CATIA-Modell ²⁵

Nach der Modellierung der Baugruppe wurden Einzelteil- und Zusammenbauzeichnungen abgeleitet und detailliert. Diese Zeichnungen befinden sich in den Beigaben zu dieser Arbeit.

²⁵ eigene Darstellung (CATIA V5)

8.1 Beschreibung der erarbeiteten Baugruppen

8.1.1. Abstützung

Diese Baugruppe dient der Abstützung im Fahrzeug, zur Aufnahme des Winkelhebels und zur Einhängung des Handsets.

Zur Abstützung im Fahrzeug werden drei Bolzen genutzt. Diese sind in ihrer Lage und Geometrie durch die Fahrzeugdaten vorgegeben. Die drei Aufnahmezylinder, der Baugruppe werden auf diese Bolzen aufgesetzt. Dadurch wird eine gleich bleibende Lage, in Bezug auf den Handbremshebel, erreicht. Ein Verschieben der Baugruppe ist nicht möglich.

Die Abstützung besteht aus Aluminiumprofil (AlMgSi1) mit den Abmessungen 30mm mal 30mm und einer Wandstärke von 4mm. Die Bleche, ebenfalls aus diesem Werkstoff, sind 5 bzw. 10 mm stark. Die Abstützung ist als Schweißteil ausgeführt. Die Einhängung für das Handset wird auf das hintere Blech aufgeschraubt.

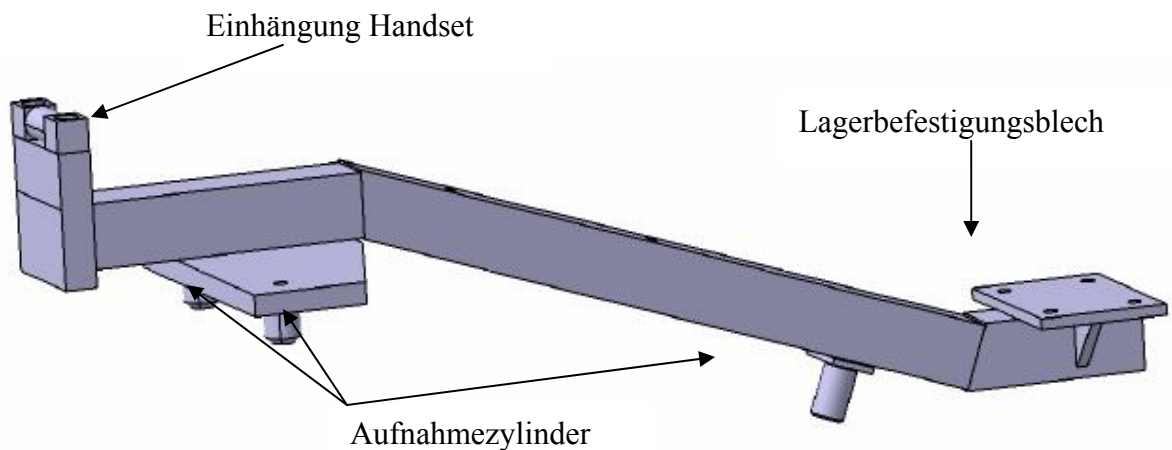


Abbildung 23 Abstützung²⁶

²⁶ eigene Darstellung (CATIA V5)

8.1.2. Winkelhebel

Durch den Winkelhebel erfolgt die Umlenkung der Kraft des Handsets auf den Messpunkt am Handbremshebel. Aus der Linearbewegung des Handsets wird eine Drehbewegung des Hebels.

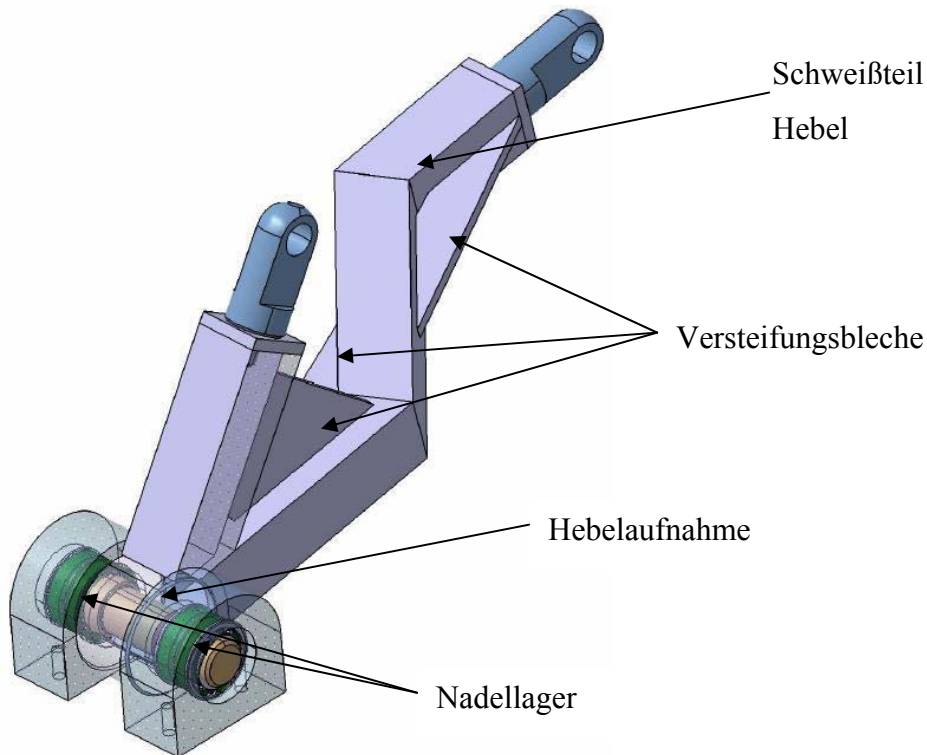


Abbildung 24 Baugruppe Winkelhebel ²⁷

Der eigentliche Hebel ist ein Schweißteil aus Aluminiumprofil (AlMgSi1). Die beiden Hebelarme sind an die so genannte Hebelaufnahme angeschweißt. Durch ein Versteifungsblech zwischen den beiden Armen soll die Biegung verringert und die Festigkeit erhöht werden.

Da die Position des Handsets von der des Messpunktes am Handbremshebel versetzt ist, muss dies über den längeren Hebel ausgeglichen werden. Der Hebel besteht aus drei Profilrohrstücken. Zwischen den Profilen sind weitere Bleche zur Versteifung angebracht und um die Torsion auf ein Minimum zu begrenzen.

Der gesamte Hebel befindet sich auf einer Welle, welche durch zwei Nadellager aufgenommen wird. Da Nadellager im Vergleich zu Rillenkugellager bei gleicher

²⁷ eigene Darstellung (CATIA V5)

statischer Tragzahl einen geringeren Durchmesser besitzen, wurden diese ausgewählt. Dadurch konnten die Lagerbefestigungen verkleinert werden.

8.1.3. Handbremshebelaufnahme

Die Aufnahme muss die durch das Handset aufgebrachte Kraft in den Handbremshebel einleiten. Dazu muss der Hebel geklemmt werden, ohne dass dieser beschädigt wird. Um eine Bewegung möglich zu machen muss außerdem noch der Knopf am Hebelende der Handbremse gedrückt werden.

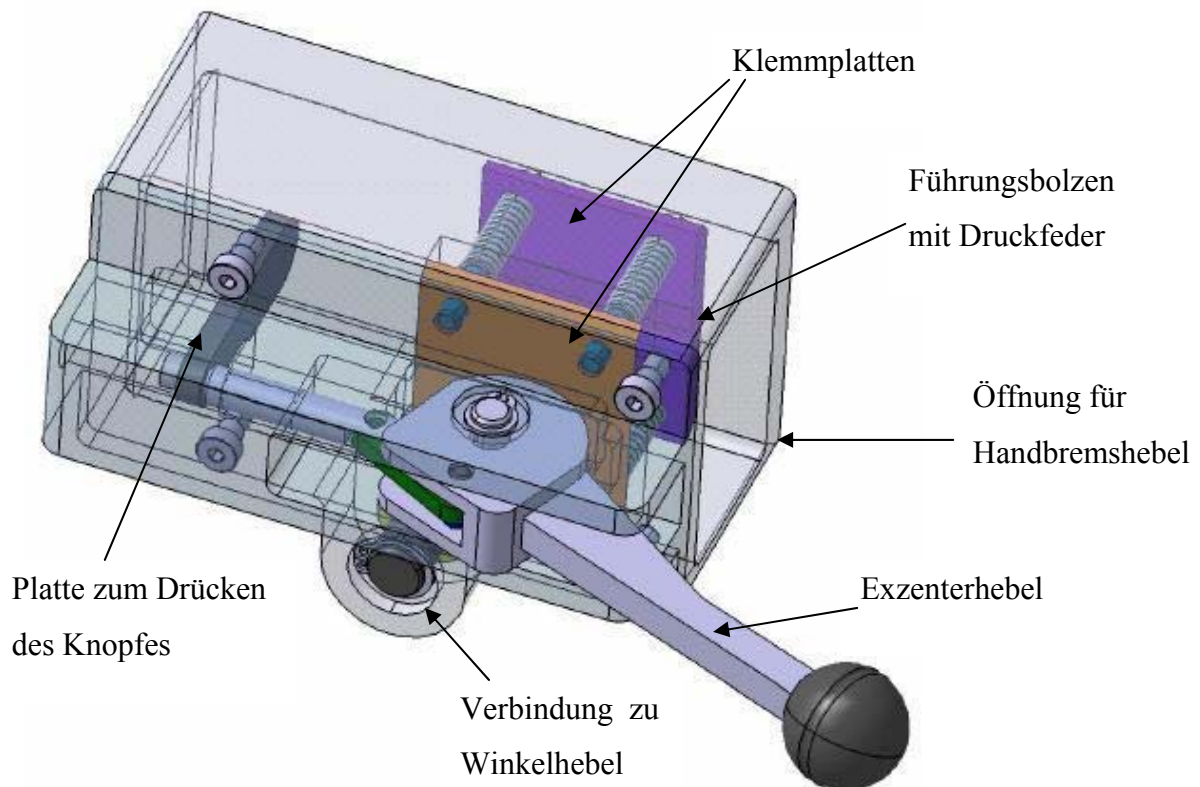


Abbildung 25 Handbremshebelaufnahme²⁸

Durch den Exzenterhebel kann der Knopf gedrückt und die Aufnahme auf den Handbremshebel gespannt werden. Durch einen Kniehebel, der am Exzenter befestigt ist, wird eine Kunststoffplatte in Richtung Handbremshebel bewegt, welche den Knopf zurück drückt. Gleichzeitig wird eine Klemmplatte (in *Abbildung 22* orange dargestellt) mit Hilfe des Exzenter gegen den Handbremshebel bewegt, um die Klemmung zu realisieren. Die Platte ist durch vier Bolzen geführt. Durch

²⁸ eigene Darstellung (CATIA V5)

Druckfedern auf diesen Bolzen wird die Klemmplatte beim Lösen des Hebels wieder zurück bewegt.

Durch diese Mechanik kann der Werker, nach dem Aufsetzen der Baugruppe, mit einer Bewegung den Handbremshebel spannen und für den Einstellvorgang startbereit machen.

An der Unterseite der Hebelaufnahme befindet sich ein Bolzen, der die Verbindung zum Winkelhebel herstellt. Auf diesem Bolzen sind zwei Gleitlager aus Kunststoff aufgebracht um die Verluste durch Reibung zu minimieren und den Verschleiß zu mindern.

8.1.4. Einhängung für Handset

Für die Erarbeitung der Konstruktion ist es auch notwendig die Betätigungsplatte am Handset der Konstruktion anzupassen.

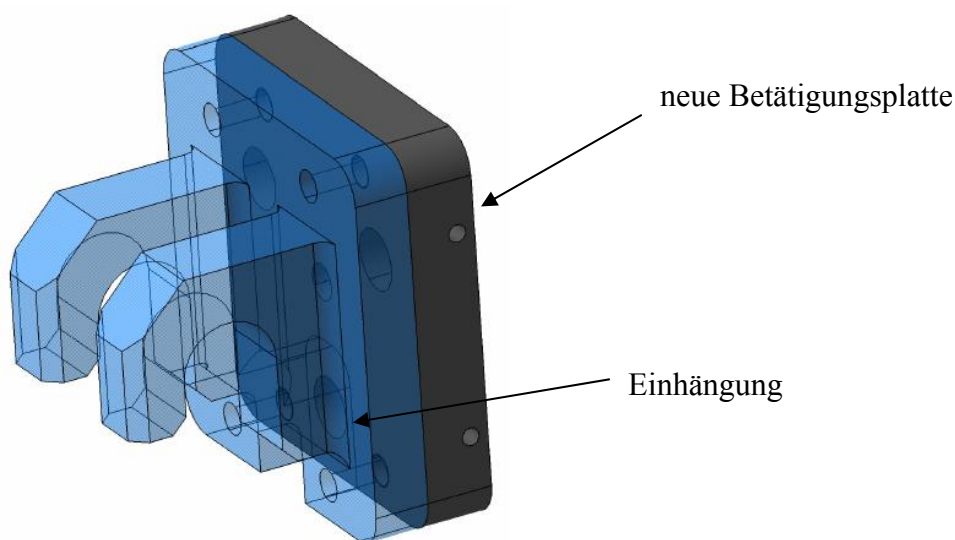


Abbildung 26 Betätigungsbaugruppe für Handset ²⁹

Die neue Betätigungsplatte wird an den Kopf des Handsets angebracht und die Einhängung daran angeschraubt. Um beim Einstellvorgang den Handbremshebel vor und zurück zu bewegen ist diese Einhängung notwendig.

Im Vergleich dazu, ist bei der Bremsenprüfung eine Rückbewegung nicht erforderlich, da sich das Bremspedal selbstständig, durch den Druck im Bremssystem, in die Ausgangslage zurück bewegt.

²⁹ eigene Darstellung (CATIA V5)

8.2 Kraftaufbringung und Belastungen

Wie in Punkt 7.3 berechnet, wird für die Kraftaufbringung die 1000N Variante des Handsets verwendet.

Belastungen auf das Handset können durch Querkkräfte entstehen. Durch die Einhängung des Handsets in der Abstützung als Festlager, bewegt sich das Handset beim Ausfahren der Spindel um diesen Punkt. Die Querkraftbelastung auf das Kopfstück wird so auf ein Minimum reduziert. Im Ausgefahrenen Zustand wirkt die Masse des Handsets als Querkraft auf die Spindel. Da jedoch die Masse des Gerätes nur ca. 5 kg beträgt, kann diese Belastung vernachlässigt werden.

8.3 Toleranzbetrachtung über die Bewegungskette

Die Auflösung des Kraftsensors im Handset beträgt 1N. Für die Handbremseinstellung wird eine Krafttoleranz von $\pm 50\text{N}$, also ein Toleranzfeld von 100N vorgegeben. Die Auflösung des Messsystems wird vom Hebel der Baugruppe und den Gelenktoleranzen weiterhin beeinflusst. Die Längen der Hebelarme betragen 165 mm bzw. 340 mm. Damit ergibt sich ein Hebelverhältnis von rund 1 : 2,1. Um dieses Verhältnis wird die Auflösung des Kraftsensors verschlechtert. Damit entspricht die reale Auflösung ca. 3 N. Die Fehler, die durch die Lagerung, z.B. zwischen Handbremshebelaufnahme und Winkelhebel entstehen, wurden durch Aufrunden, als Abschätzung mit einbezogen.

Die Auflösung des Messsystems soll mindestens dem 0,05-fachen der Toleranz der zu messenden Größe entsprechen, damit das Messmittel als geeignet eingestuft werden kann.³⁰

$$\text{Auflösungsmesssystem} \leq 0,05 \cdot \text{Toleranzfeld}$$

Das 0,05-fache des Toleranzfeldes beträgt 5N.

Damit ergibt sich folgendes:

$$3\text{N} \leq 5\text{N}$$

Die Kraftmessung ist für die gegebene Baugruppe einsetzbar.

³⁰ [6], S.21

8.4 Ergonomische Aspekte

Die Vorgabe, dass die Konstruktion eine Masse von 5 kg nicht überschreiten darf, konnte eingehalten werden. Durch die Materialzuordnung der modellierten Teile konnte eine Berechnung mit Hilfe der *CATIA* Software erfolgen. Die Baugruppe hat eine Masse von ca. 4,2 kg. Damit kann die Baugruppe ohne Hilfe eines Handlingsgerätes oder ähnlichem in das Fahrzeug eingesetzt werden.

Das Einlegen des Werkzeuges sollte für den Werker so einfach wie möglich gestaltet werden. Der Bediener befindet sich auf der Fahrerseite, also in Fahrtrichtung links zum Auto. Um die Baugruppe am Handbremshebel und den Aufnahmebolzen zu positionieren, muss sich der Werker in das Fahrzeug hinein beugen. Nach dem Einsetzen, legt der Werker den Exzenterhebel um. Damit wird das Werkzeug am Handhebel gespannt und der Verriegelungsknopf an der Handbremse betätigt. Über den Exzenterhebel werden so zwei Funktionen bei einer Bewegung realisiert. Im Anschluss wird das Handset auf die Baugruppe gesetzt. Durch Drücken der Starttaste am Handset beginnt der Bediener den Einstellvorgang.

Weiterhin wurde zur besseren Handhabung an der Abstützung ein Griff angebracht. Dieser befindet sich so weit, wie konstruktiv möglich, am Massenschwerpunkt des Gerätes.

Durch Fasen bzw. Kantenrundungen wurde versucht ein Verletzungsrisiko für den Werker so gering wie möglich zu halten.

8.5 Baugruppe mit Fahrzeugumgebung

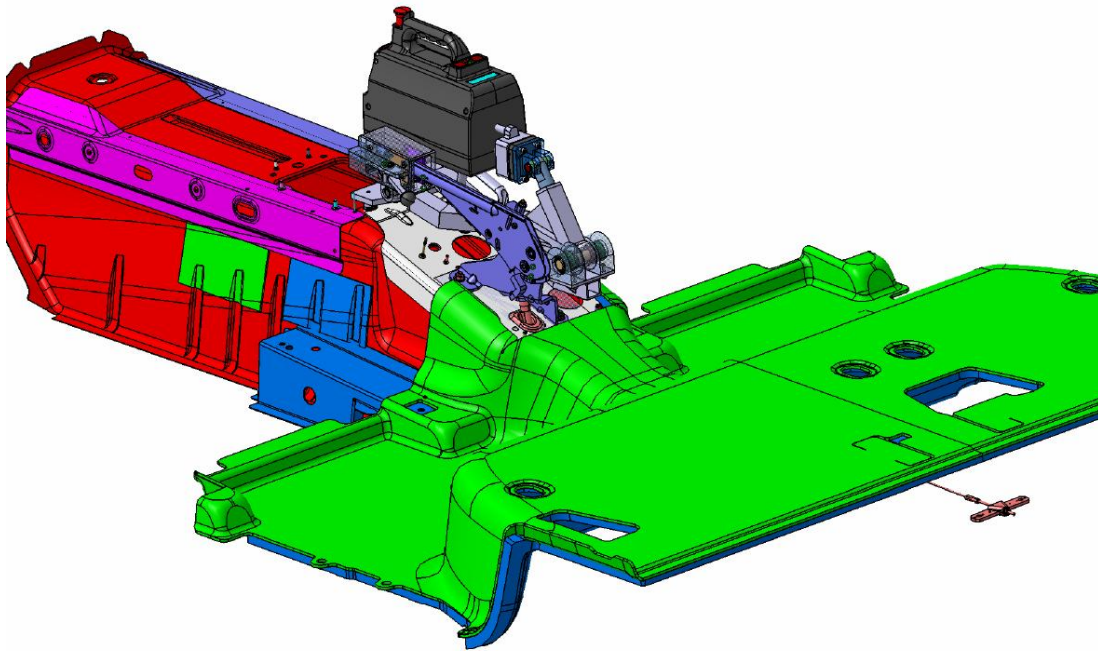


Abbildung 27 Baugruppe mit Fahrzeugumgebung³¹

Die Baugruppe wurde auf die vorgegebenen Punkte in das Fahrzeugmodell eingesetzt. Anhand der gegebenen Daten, konnte festgestellt werden, dass keine Störkanten oder ähnliches, die Funktion des Einstellgerätes verhindern.

³¹ eigene Darstellung (CATIA V5)

9 Nachweis von ausgewählten Fertigungs- und Normteilen

Ausgewählte Teile die durch die Konstruktion entstanden sind wurden überprüft um die Festigkeit der Baugruppe nachzuweisen.

Die Verfahrensgeschwindigkeit des Handsets im Leerlauf beträgt maximal 80 mm/s. Während des Einstellprozess liegt die Geschwindigkeit unter diesem Wert. Daher werden die geführten Nachweise statisch betrachtet.

9.1 Nachweis der Schweißverbindung an der Platte für die Aufhängung des Handsets

Es wird davon ausgegangen, dass vom Handset eine Kraft von 1000N aufgebracht wird. Ein Aluminiumprofil 30mm x 30mm wird auf eine Platte geschweißt. Die Sicherheit der Schweißnaht soll nachgewiesen werden.

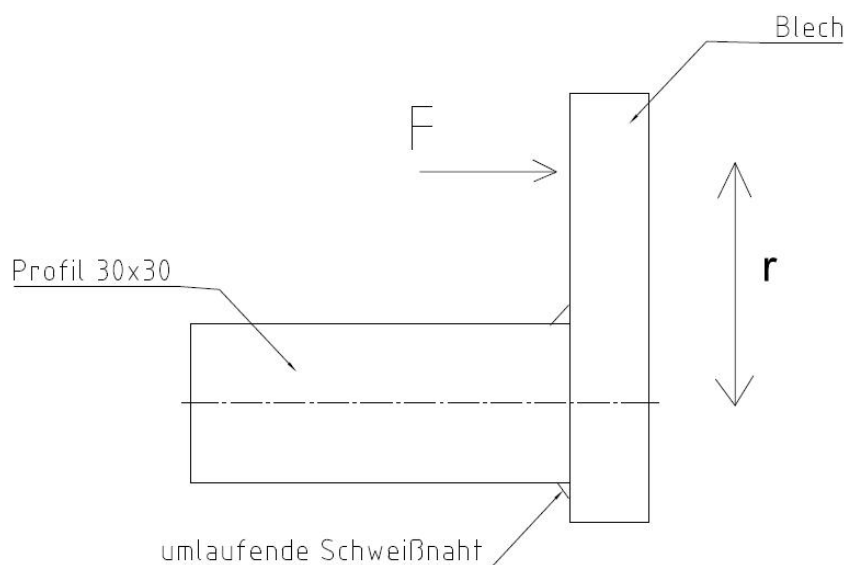


Abbildung 28 Skizze Einhängung³²

Die Kraft wirkt senkrecht auf die Einhängung und ist 50 mm (r) von der Mittellinie des Profils entfernt. Es wird von einer Nahtdicke $a = 3\text{mm}$ und statischer Belastung ($\chi = 1$) ausgegangen. Die Schweißnaht ist umlaufend um das Profil.

An der Schweißnaht wirken Normal- und Schubspannungen.

³² eigene Darstellung (AutoCAD)

Normalspannungen:

$$\sigma_N = \frac{M}{I_w} \cdot y \quad [33]$$

y..... Abstand der betrachteten Stelle zur Schwereachse der Schweißnaht

I.....Schweißnaht-Flächenmoment 2. Grades

M.....Moment an Schweißnaht

$$M = F \cdot r = 1000N \cdot 50mm = 50000Nmm$$

$$y = 15mm$$

$$I_w = \frac{1}{12} \cdot (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) = \frac{1}{12} \cdot (36 \cdot 36^3 - 30 \cdot 30^3) = 72468mm^4$$

$$\sigma_N = 10,4 \frac{N}{mm^2}$$

Schubspannung:

$$\tau_s = \frac{F_Q}{A_{wS}} \quad [34]$$

$$A_{wS} = a \cdot l$$

F.....Querkraft

A....Schweißnahtfläche

l.....Länge der Schweißnaht

$$\tau_s = \frac{1000N}{3mm \cdot 4 \cdot 30mm}$$

$$\tau_s = 2,8 \frac{N}{mm^2}$$

³³ [2], S.144

³⁴ [2], S.144

Aus den Teilspannungen lässt sich eine Vergleichsspannung berechnen, die mit der zulässigen Schweißnahtspannung verglichen wird.

$$\sigma_{wv} = \sqrt{\sigma_N^2 + \tau_s^2} \leq \sigma_{wzulässig} \quad [35]$$

$$\sigma_{wzulässig} = 87 \frac{N}{mm^2} \quad [36]$$

$$\sigma_{wv} = \sqrt{\left(10,4 \frac{N}{mm^2}\right)^2 + \left(2,8 \frac{N}{mm^2}\right)^2} = 10,8 \frac{N}{mm^2} \leq \underline{\underline{87 \frac{N}{mm^2}}}$$

Die Vergleichsspannung liegt unter dem Wert der zulässigen Spannung. Die Schweißnaht kann die Belastungen aushalten. Damit ergibt sich folgende Sicherheit:

$$S = \frac{\sigma_{wzulässig}}{\sigma_{wv}} = \frac{87 \frac{N}{mm^2}}{10,8 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\underline{\underline{S = 8}}$$

³⁵ [2], S.142

³⁶ [3], S.66, TB 6-13c

9.2 Nachweis der Schweißverbindung des Hebels an der Hebelaufnahme

Die Berechnung ist analog *Punkt 9.1*. Die maximal Kraft des Handsets von 1000N und der Abstand von 165mm des Hebels sind Grundlage der Berechnung.

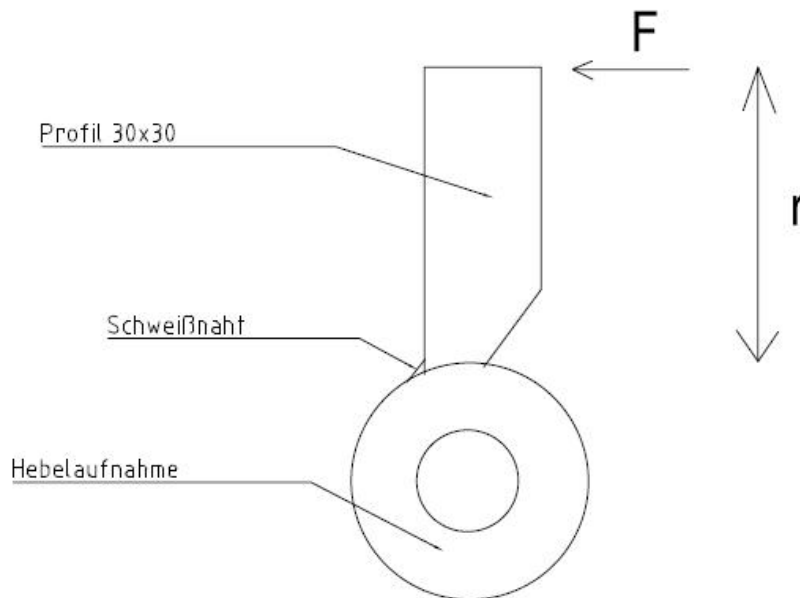


Abbildung 29 Skizze Handsethebel an Aufnahme³⁷

Normalspannungen:

$$\sigma_N = \frac{M}{I_W} \cdot y$$

$$M = F \cdot r = 1000N \cdot 165mm = 165000Nmm$$

$$y = 15mm$$

$$I_W = \frac{1}{12} \cdot (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) = \frac{1}{12} \cdot (36 \cdot 36^3 - 30 \cdot 30^3) = 72468mm^4$$

$$\sigma_N = 34,1 \frac{N}{mm^2}$$

³⁷ eigene Darstellung (AutoCAD)

Schubspannung:

$$\tau_s = \frac{F_Q}{A_{wS}}$$

$$A_{wS} = a \cdot l$$

F.....Querkraft

A....Schweißnahtfläche

l.....Länge der Schweißnaht

In diesem Fall wird nur die Schweißnahtlänge an der Hebelaufnahme betrachtet.

$$\tau_s = \frac{1000N}{3mm \cdot 30mm}$$

$$\tau_s = 11,2 \frac{N}{mm^2}$$

Aus den Teilspannungen lässt sich, wie in 9.1, eine Vergleichsspannung berechnen, die mit der zulässigen Schweißnahtspannung verglichen wird.

$$\sigma_{wv} = \sqrt{\sigma_N^2 + \tau_s^2} \leq \sigma_{wzulässig}$$

$$\sigma_{wzulässig} = 87 \frac{N}{mm^2} \quad [38]$$

$$\sigma_{wv} = \sqrt{\left(34,1 \frac{N}{mm^2}\right)^2 + \left(11,2 \frac{N}{mm^2}\right)^2} = 36 \frac{N}{mm^2} \leq 87 \frac{N}{mm^2}$$

Die Vergleichsspannung liegt auch in diesem Fall unter dem Wert der zulässigen Spannung. Die Schweißnaht kann die Belastungen aushalten. Damit ergibt sich folgende Sicherheit:

$$S = \frac{\sigma_{wzulässig}}{\sigma_{wv}} = \frac{87 \frac{N}{mm^2}}{36 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\underline{\underline{S = 2,4}}$$

Neben dieser Schweißverbindung wird die Festigkeit durch die Verbindung mit dem zweiten Hebel sowie ein Versteifungsblech zwischen kurzem und langem Hebel erhöht.

³⁸ [3] TB 6-13-c

9.3 Torsion des Winkelhebels

Die Torsionsspannungen im Winkelhebel sollen an dem folgenden Querschnitt, wie in der folgenden Abbildung gezeigt, untersucht werden:

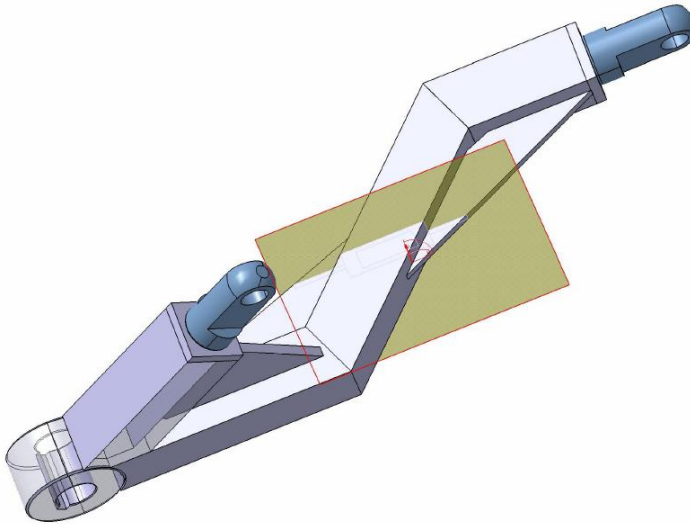


Abbildung 30 Schnitt am Winkelhebel ³⁹

Durch den Schnitt ergibt sich folgender Querschnitt an dieser Stelle:

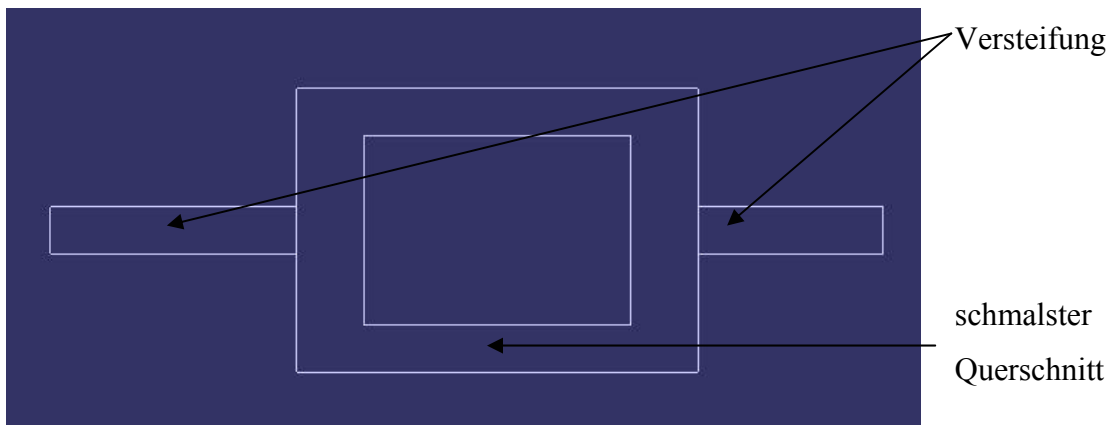


Abbildung 31 Querschnittsfläche ⁴⁰

³⁹ eigene Darstellung (CATIA V5)

⁴⁰ eigene Darstellung (CATIA V5)

Für die Betrachtung der Torsion in diesem Querschnitt, werden die Flächen der Versteifungsbleche nicht betrachtet, da offene Teilabschnitte, wie diese Versteifungen, vernachlässigt werden können.

Für die Berechnung der Torsionsspannung wird diese Formel verwendet:

$$\tau_t = \frac{T}{W_t} \quad [41]$$

τ_t vorhandene Torsionsspannung

T.....Torsionsmoment

W_tpolares Widerstandsmoment

Das Torsionsmoment berechnet sich aus dem Betrag der Kraft multipliziert mit dem senkrechten Abstand. Für die Kraft werden 1000 N angesetzt. Der Betrag ist in der Praxis, durch die Umlenkung über den Winkel, geringer. Er wird aber um eine ausreichende Sicherheit zu erhalten mit diesem Wert angesetzt. Für den senkrechten Abstand wird der halbe Abstand der Breite des Hebels eingesetzt, das entspricht 60 mm.

Damit ergibt sich ein Torsionsmoment von 60000 [Nmm].

Für das polare Widerstandsmoment gilt die BREDTsche Formel als Grundlage:

$$W_t = 2 \cdot A_m \cdot \delta_{\min} \quad [42]$$

δ_{\min} ...geringste Profildicke

Die geringste Dicke beträgt in diesem Fall 4 mm.

A_meingeschlossene Fläche von der Profilmittellinie

Bei einem Profil von 30mm mal 30mm und einer Dicke von 4mm ergibt sich eine Fläche von 28mm mal 28mm.

⁴¹ [2], S.149

⁴² [7], S.182

Damit kann die vorhandene Torsionsspannung berechnet werden:

$$\tau_t = \frac{T}{W_t}$$

$$\tau_t = \frac{F \cdot r}{2 \cdot A_m \cdot \delta_{\min}}$$

$$\tau_t = \frac{1000N \cdot 60mm}{2 \cdot (28mm \cdot 28mm) \cdot 4mm}$$

$$\tau_t = \frac{1000N \cdot 60mm}{2 \cdot (28mm \cdot 28mm) \cdot 4mm}$$

$$\tau_t = 9,6 \frac{N}{mm^2}$$

Diese Spannung wird mit der Bauteilfestigkeit τ_f verglichen. Dieser Wert wurde aus einer Tabelle entnommen.

$$\tau_{fzulässig} \approx 60 \frac{N}{mm^2} \quad [43]$$

Da die vorhandene Torsionsspannung unter dem Wert der zulässigen Spannung liegt, hält der Hebel den Belastungen an dem betrachteten Querschnitt stand.

⁴³ [3], S.40 , TB 3-4a

9.4 Nachweis der Welle des Winkelhebels

Die Welle wird auf Biegung beansprucht. Der geringste Durchmesser der Welle beträgt 20 mm. Dieser Wert wird der Berechnung zu Grunde gelegt. Das Material der Welle ist E295.

$$\sigma_b = \frac{M}{W} \leq \sigma_{bzulässig} \quad [44]$$

M.....Biegemoment

Das Biegemoment in diesem Fall ergibt sich aus der Kraft des Handset (1000N) multipliziert mit dem Hebelarm am Winkelhebel (165mm).

W.....Widerstandsmoment

$$\sigma_{bzulässig} = \frac{R_{eN}}{S_B} = \frac{295 \frac{N}{mm^2}}{1,2} = 246 \frac{N}{mm^2}$$

R_{eN}.....Streckgrenze (Werkstoffspezifisch)

S.....Sicherheitsfaktor

$$\sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot r}{\frac{\pi}{32} \cdot d^3} = \frac{1000N \cdot 165mm}{\frac{\pi}{32} \cdot (20mm)^3} = 210 \frac{N}{mm^2}$$
$$\underline{\underline{\sigma_b = 210 \frac{N}{mm^2} \leq \sigma_{bzulässig} = 246 \frac{N}{mm^2}}}$$

Die Welle des Winkelhebels kann der wirkenden Belastung standhalten.

⁴⁴ [2], S.38

9.5 Statischer Nachweis der Nadellager des Hebels

Die statische Tragzahl C_0 des Nadellagers beträgt nach dem Datenblatt des Herstellers 24,5 kN.

Die erforderliche statische Tragzahl wird wie folgt berechnet:

$$C_{0\text{erf}} \geq P_0 \cdot f_s \quad [45]$$

f_sStatische Kennzahl, hier $f_s = 1,5$ (normaler Betrieb)

P_0statisch äquivalente Lagerbelastung

$$P_0 = X_0 \cdot F_{r0} + Y_0 \cdot F_{a0} \quad [46]$$

Da auf das Lager Radialkräfte wirken und keine Axialkräfte, kann vereinfacht mit $P_0 = F_{r0}$ gerechnet werden.

Für F_{r0} wird die maximale Handkraft des Handsets von 1000N angenommen.

Das ergibt die vereinfachte Formel:

$$C_{0\text{erf}} \geq F_R \cdot f_s$$

$$C_{0\text{erf}} \geq 1000N \cdot 1,5$$

$$C_{0\text{erf}} \geq 1,5kN$$

Die Tragzahl des Nadellagers übersteigt den erforderlichen Wert um das 16-fache.

Damit hält das Lager den Belastungen der Konstruktion stand.

⁴⁵ [2], S.473

⁴⁶ [2], S.474

10 Zusammenfassung

Die entwickelte Baugruppe erfüllt alle vorangegangenen Bedingungen und ist für den Einstellprozess der Feststellbremse zusammen mit dem Handset als Kraftaktor einsetzbar.

Die neu entwickelte Variante stellt einen Mittelweg zwischen vollautomatischer- und einfacher Handbremseinstellung ohne Parametermessung dar.

Es wird eine Kraftmessung durchgeführt und eine Wegmessung mit der der Einstellwinkel des Handbremshebels bestimmt werden kann. Bei verhältnismäßig geringem Anlagenaufwand kann ein qualitativ hochwertiger Prüf- und Einstellprozess vollzogen werden.

Eine Senkung der Kosten entsteht durch das Wegfallen von Stahlbau, mitfahrender Konsole, Handlingsarm und Antriebssystem. Weiterhin kann mit dem Handset auf bewährte Technik zurückgegriffen werden.

Durch den Akkubetrieb des Handset und die Datenübermittlung durch WLAN entsteht für den Bediener an der Bandfertigung ein gut zu Handhabendes Werkzeug. Störende Energie- und Verbindungsleitungen zu einer Grundeinheit, sowie am Werkzeug, entfallen.

Durch den Bau eines Prototyps sollten die theoretisch entwickelten Kenntnisse der Baugruppe in der Praxis geprüft werden. Gegebenenfalls können Teile optimiert und Fehler erkannt werden. Beispielsweise das Handling der Baugruppe im Gebrauch sollte durch eine Person am realen Werkzeug getestet werden, um eventuell fehlende Griffmöglichkeiten oder andere ergonomische Verbesserungen zu erkennen und anzubringen.

Anlagen

Datenblatt Handset.....- i -

Auszug PDM-Blatt.....- ii -

Zeichnungen der 3 Getriebevarianten durch die Software *SAM5.1*.....- vi -

Stückliste Baugruppe Handbremseinstellgerät.....- ix -

Beigaben

Zusammenbauzeichnung der Baugruppe

Einzelteilzeichnungen

Literaturverzeichnis

- [1] Breuer, Bert; Bill, Karlheinz (Hrsg.): Bremsenhandbuch. -3.Aufl. – Wiesbaden: Vieweg, 2006

- [2] Muhs, Dieter; Wittel, Herbert; Jannasch Dieter...: Roloff/Matek Maschinenelemente Lehrbuch. -17.Aufl. – Wiesbaden: Vieweg, 2006

- [3] Muhs, Dieter; Wittel, Herbert; Jannasch Dieter...: Roloff/Matek Maschinenelemente Tabellenbuch. -17.Aufl. – Wiesbaden: Vieweg, 2006

- [4] Norm DIN EN 1005 Teil 1 – 4. Sicherheit von Maschinen – Menschlich körperliche Leistung

- [5] Huppertz, Harald <harald.huppertz@t-online.de>: Kfz-Technik, Wissenswertes, Simulation, Fragen, Aufgaben. URL: <<http://www.kfz-tech.de/index1.html>> , verfügbar am 25.07.2009

- [6] Dr.-Ing. Scheibe, Andreas <Andreas.Scheibe@hs-esslingen.de>: Kalibrierketten und Messunsicherheit. URL: <<http://download.afs.iff.uni-stuttgart.de/lehrveranstaltungen/mt1/20072008/mt1-ws20072008-vl02.pdf>>, verfügbar am 15.08.2009

- [7] Gabbert, Ulrich; Raecke, Ingo: Technische Mechanik für Wirtschaftsingenieure. -2.Aufl. – Hanser Fachbuchverlag, 2008

- [8] Braess, Hans-Hermann; Seiffert, Ulrich: Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. - 2.Aufl. –Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 2001

Erklärung zur selbstständigen Anfertigung

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stollberg, 30.08.2009

Kevin Weißbach



Betriebsanleitung
Technische Daten

wIBT Handset

Gewicht	ca. 4,9 kg
Abmaße	L = 155 mm B = 370 mm H = 280 mm
Einsatzumgebungstemperatur	5 °C – 40 °C
Spannungsversorgung	2,3 Ah Lithium Ionen Akku 25,9 V nominal
Belastungskräfte	max. 800 N mit Standardtyp max. 1.000 N mit Spezialtyp (abhängig von den Prozessparametern)
Verfahrweg	max. 135 mm (abhängig von der Verfahrgeschwindigkeit)
Verfahrgeschwindigkeit	max. 80 mm/s (im Leerlauf)
Datenpufferung Einrichtdaten	ca. 7 Tage (bei voll aufgeladenem GoldCap)
Anzeige	LCD 122 x 32 Pixel mit Hintergrundbeleuchtung
Messsystem Kraft	Kraftsensor mit DMS Genauigkeit $\pm 1\%$ (8N) Regelgenauigkeit ± 1 N,
Messsystem Weg	rotierender Inkrementalgeber am Antrieb Genauigkeit $\pm 0,1$ mm (optional $\pm 0,01$ mm)
Wiederholgenauigkeit im Prüfprozess	Kraft: ± 1 N Weg: $\pm 0,1$ mm
Leckweg Nachweisgrenze	0,2 mm (abhängig vom Fahrzeug)
Prüfzyklen je Akkuladung	ca. 80-100 bei Akkupack 2.3 bei Standardprozess (siehe Punkt 1.3.7. Energiebetrachtungen)
Antriebssystem	DC Servomotor über Zahnriemengetriebe und Kugelspindel
Steuerung	16 Bit μ -Controller mit RAM + FLASH Speicher, Download der Software über Funk- oder Kabel möglich

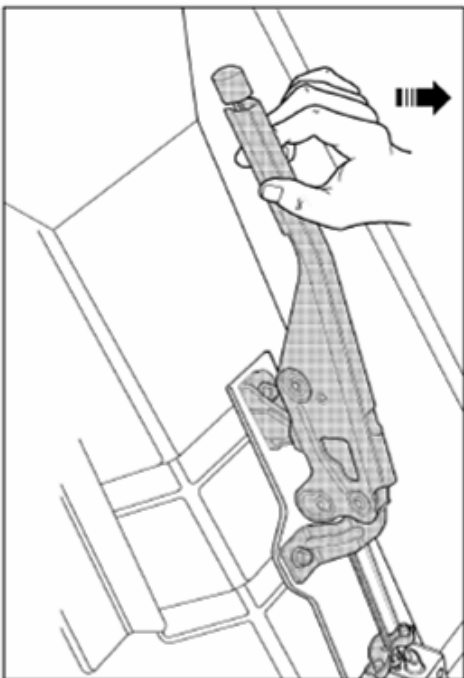
[illegible]

B. Testar a posição inicial da alavanca de freio de estacionamento

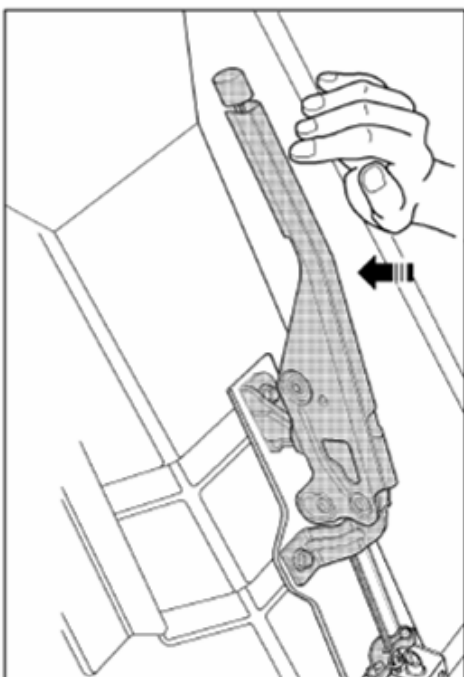
veja folha 300

B. 0-Stellung des Handbremshebels prüfen

\$5,811,300



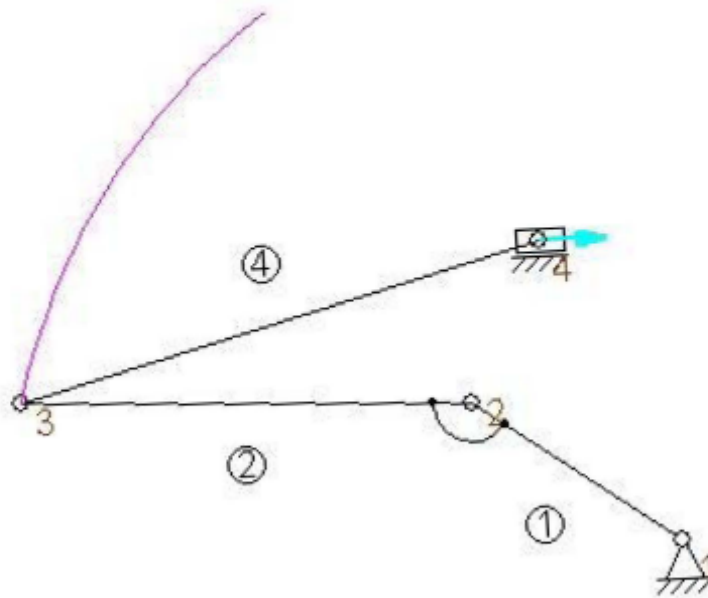
**Erguer
Anheben**

Soltar
Loslassen[illegible]



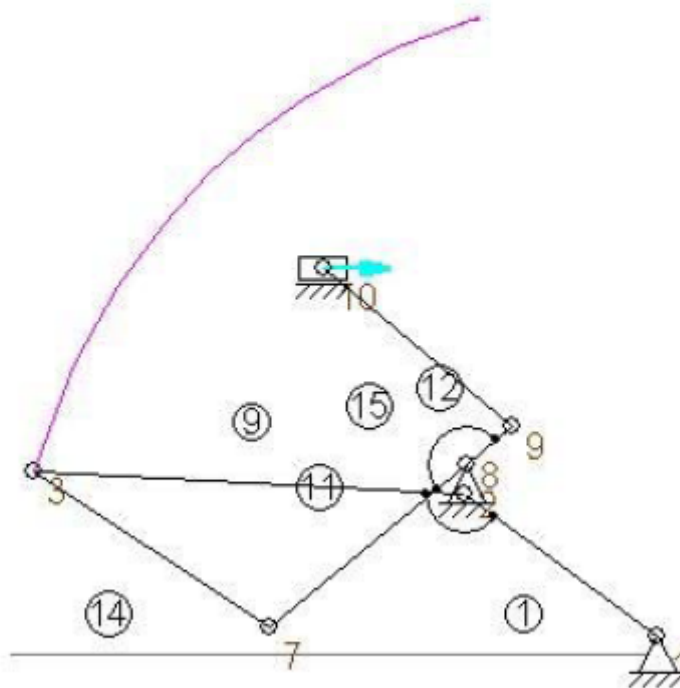
Getriebevariante 1

"direktes ziehen"



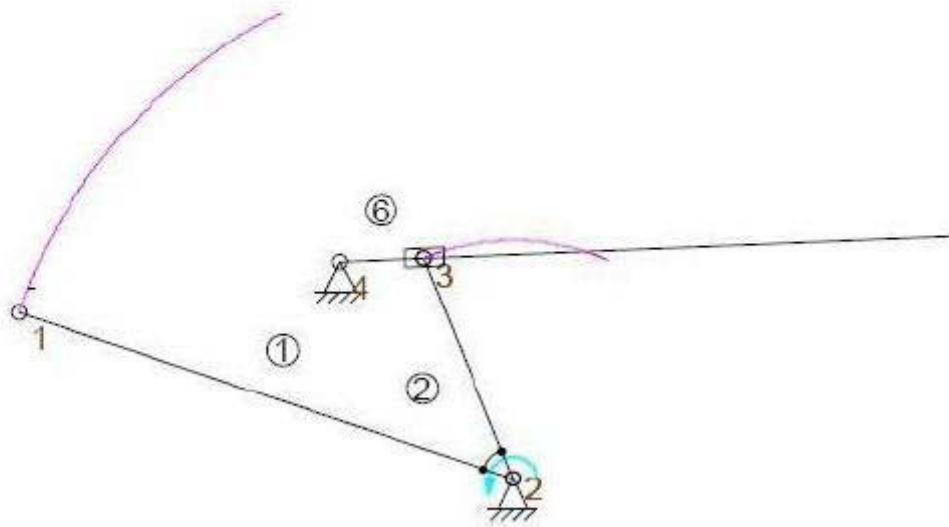
Getriebevariante 2

"Koppelgetriebe"



Getriebevariante 3
Vorzugsvariante

"Winkelhebel"



Zeichnungen der 3 Getriebevarianten

Dürr Somac GmbH

1

S T Ü C K L I S T E					
MAT.NR.	M0278677.01	WERK	6000	STATUS	03
BEZEICH.	Zusammenbau Handbremseinstellgerät			GÜLTIG	31.08.2009
				MENGE	1

STUF	POS	MAT.NR. / KOMPONENTE	MENGE	ME	E	LKZ	MART
1	0010	M0278325.01 Abstützung ZEICH. 01 001 Z027832501 KON	1,000	ST			HALB
.2	0010	M0278326.01 Bolzen ZEICH. 01 001 Z027832601 KON	2,000	ST			HALB
.2	0020	M0278327.01 Blech ZEICH. 01 001 Z027832701 KON	1,000	ST			HALB
.2	0030	M0278328.01 Profil 30x30 lang ZEICH. 01 001 Z027832801 KON	1,000	ST			HALB
.2	0040	M0278329.01 Profil 30x30 winklig ZEICH. 01 001 Z027832901 KON	1,000	ST			HALB
.2	0050	M0278332.01 Profil 30x30 kurz ZEICH. 01 001 Z027833201 KON	1,000	ST			HALB
.2	0060	M0278333.01 Bolzen ZEICH. 01 001 Z027833301 KON	1,000	ST			HALB
.2	0070	M0278334.01 Versteifungsblech ZEICH. 01 001 Z027833401 KON	2,000	ST			HALB
.2	0080	M0278336.01 Bolzenaufnahme ZEICH. 01 001 Z027833601 KON	1,000	ST			HALB
.2	0090	M0278139.01 Lagerbefestigungsplatte ZEICH. 01 001 Z027813901 KON	1,000	ST			HALB
.2	0100	M0278151.01 Versteifungsblech an Profil ZEICH. 01 001 Z027815101 KON	1,000	ST			HALB
.2	0110	M0127354.01 Einhängebolzen D=15 ZEICH. 01 001 Z012735401 KON Hersteller :DÜRR SOMAC	1,000	ST			HALB
..3	0010	M0112710.01 Vierkant 15 DIN 1014 - S235JR	0,068	M			ROH

Dürr Somac GmbH

2

S T Ü C K L I S T E					
MAT.NR.	M0278677.01	WERK	6000	STATUS	03
BEZEICH.	Zusammenbau Handbremseinstellgerät			GÜLTIG	31.08.2009
				MENGE	1

STUF	POS	MAT.NR. / KOMPONENTE	MENGE	ME	E	LKZ	MART
		ROHTEILE: 1,000 63,000 MM					
1	0020	M0277867.01 Winkelhebel ZEICH. 01 001 Z027786701 KON	1,000	ST			HALB
.2	0010	M0277868.01 Lagerbuchse ZEICH. 01 001 Z027786801 KON	2,000	ST			HALB
.2	0020	M0277873.01 Welle ZEICH. 01 001 Z027787301 KON	1,000	ST			HALB
.2	0030	M0278150.01 Hebel Schweißteil ZEICH. 01 001 Z027815001 KON	1,000	ST			HALB
..3	0010	M0278143.01 Hebel Handset ZEICH. 01 001 Z027814301 KON	1,000	ST			HALB
..3	0020	M0277870.01 Hebelaufnahme ZEICH. 01 001 Z027787001 KON	1,000	ST			HALB
..3	0030	M0278146.01 Hebel Handbremse 1 ZEICH. 01 001 Z027814601 KON	1,000	ST			HALB
..3	0040	M0278141.01 Hebel Handbremse 2 ZEICH. 01 001 Z027814101 KON	1,000	ST			HALB
..3	0050	M0278142.01 Hebel Handbremse 3 ZEICH. 01 001 Z027814201 KON	1,000	ST			HALB
..3	0060	M0277882.01 Blech mit Bohrung ZEICH. 01 001 Z027788201 KON	2,000	ST			HALB
..3	0070	M0277880.01 Versteifungsblech an Hebelarmen ZEICH. 01 001 Z027788801 KON	1,000	ST			HAWA
..3	0080	M0277879.01 Versteifungsblech Hebelarm ZEICH. 01 001 Z027787901 KON	2,000	ST			HALB
..3	0090	M0277874.01	2,000	ST			HALB

Dürr Somac GmbH

3

S T Ü C K L I S T E					
MAT.NR.	M0278677.01	WERK	6000	STATUS	03
BEZEICH.	Zusammenbau Handbremseinstellgerät			GÜLTIG	31.08.2009
				MENGE	1

STUF	POS	MAT.NR. / KOMPONENTE	MENGE	ME	E	LKZ	MART
		Gelenkauge M14 ZEICH. 01 001 Z027787401 KON					
.2	0060	M0278144.01 Haken ZEICH. 01 001 Z027814401 KON	1,000	ST			HALB
.2	0070	M0278145.01 Bolzen zum Einhängen ZEICH. 01 001 Z027814501 KON	1,000	ST			HALB
.2	0080	M0278147.01 Distanzhülse ZEICH. 01 001 Z027814701 KON	2,000	ST			HALB
.2	5000	M0278330.01 Nadellager NKI 20/16 Typbezeichnung :NADELLAGER Hersteller :SKF Bestellnummer :NKI 20/16	2,000	ST			HAWA
.2	5010	M0278331.01 Gleitlager WSM-1416-15 Typbezeichnung :GLEITLAGER Hersteller :IGUS Bestellnummer :WSM-1416-15	2,000	ST			HAWA
.2	5020	M0252800.01 Sicherungerring DIN 471 - 20 x 1,2	2,000	ST			HAWA
.2	5030	M0077578.01 Sicherungerring DIN 472- 32x1,2	2,000	ST			HAWA
.2	5040	M0278935.01 Passfeder DIN 6885 - A 6 x 6 x 25	1,000	ST			HALB
.2	5050	M0279810.01 Passscheibe DIN 988 - 20x24x1 Typbezeichnung :PASSSCHEIBE Hersteller :WEWO Bestellnummer :DIN 988 - 20X24X1	1,000	ST			HAWA
1	0030	M0277884.01 Handbremshebelaufnahme ZEICH. 01 001 Z027788401 KON	1,000	ST			HALB
.2	0010	M0277878.01 Handbremshebelaufnahme ZEICH. 01 001 Z027787801 KON	1,000	ST			HALB
.2	0020	M0277881.01	1,000	ST			HALB

Dürr Somac GmbH

4

S T Ü C K L I S T E					
MAT.NR.	M0278677.01	WERK	6000	STATUS	03
BEZEICH.	Zusammenbau Handbremseinstellgerät			GÜLTIG	31.08.2009
				MENGE	1

STUF	POS	MAT.NR. / KOMPONENTE	MENGE	ME	E	LKZ	MART
		Sicherungsbolzen ZEICH. 01 001 Z027788101 KON					
.2	0030	M0277869.01 Spannfläche ZEICH. 01 001 Z027786901 KON	2,000	ST			HALB
.2	0040	M0277871.01 Knopfdrücker ZEICH. 01 001 Z027787101 KON	1,000	ST			HALB
.2	0050	M0277872.01 Halterung Exzenter ZEICH. 01 001 Z027787201 KON	1,000	ST			HALB
.2	0060	M0277886.01 Führungsbolzen ZEICH. 01 001 Z027788601 KON	4,000	ST			HALB
.2	0070	M0277883.01 Halterung Spannfläche ZEICH. 01 001 Z027788301 KON	1,000	ST			HALB
.2	0080	M0279455.01 Hebel ZEICH. 01 001 Z027945501 KON	1,000	ST			HALB
.2	0090	M0279454.01 Schubstange ZEICH. 01 001 Z027945401 KON	1,000	ST			HALB
.2	0100	M0279473.01 Scheibe ZEICH. 01 001 Z027947301 KON	2,000	ST			HALB
.2	0110	M0279475.01 Bolzen ZEICH. 01 001 Z027947501 KON	1,000	ST			HALB
.2	5000	M0013459.06 Zyl.-Schraube DIN 7984 M 5x 12 8.8 A2F Zylinderschrauben mit Innensechskant und niedrigem Kopf - DIN 7984 - 8.8 - A 2 F M 5 x 12	4,000	ST			HAWA
.2	5500	M0277876.01 Gleitlager WFM-1214-07 Typbezeichnung :GLEITLAGER Hersteller :IGUS Bestellnummer :WSM-1214-07	2,000	ST			HAWA

Dürr Somac GmbH

5

S T Ü C K L I S T E					
MAT.NR.	M0278677.01	WERK	6000	STATUS	03
BEZEICH.	Zusammenbau Handbremseinstellgerät			GÜLTIG	31.08.2009
				MENGE	1

STUF	POS	MAT.NR. / KOMPONENTE	MENGE	ME	E	LKZ	MART
.2	5600	M0277875.01 Druckfeder Typbezeichnung :DRUCKFEDER Hersteller :GUTEKUNST Bestellnummer :D-092	4,000	ST			HAWA
.2	5700	M0278893.01 Exzenterhebel Typbezeichnung :EXZENTERHEBEL EINFACH Hersteller :KIPP Bestellnummer :04290-08	1,000	ST			HAWA
.2	5710	M0278894.01 Achsbolzen Typbezeichnung :ACHSBOLZEN Hersteller :KIPP Bestellnummer :04250-08	1,000	ST			HAWA
.2	5800	M0137946.01 Sicherungerring DIN 471 - 12 x 1	2,000	ST			HAWA
.2	5900	M0147037.01 Zyl.-Schraube DIN 7984 M 4x 10 8.8 A2A	1,000	ST			HAWA
.2	5950	M0279542.01 Spannstift ISO 8752 - 5x10 - St Typbezeichnung :SPANNSTIFT Hersteller :WEWO Bestellnummer :ISO 8752 - 5X10 - ST	1,000	ST			HAWA
1	0040	M0278149.01 Einhängung Handset	1,000	ST			HALB
.2	0010	M0278912.01 Betätigungsplatte ZEICH. 01 001 Z027891201 KON	1,000	ST			HALB
.2	5000	M0005904.01 Zyl.-Schraube DIN 912 M 5x 16 8.8 A2A Typbezeichnung :DIN 912 M 5X 16 8.8 A2A	4,000	ST			HAWA
1	5000	M0008294.01 Zyl.-Schraube DIN 912 M 6x 14 8.8 A2A	6,000	ST			HAWA
1	5010	M0006780.01 Zyl.-Schraube DIN 912 M 5x 20 12.9	2,000	ST			HAWA
1	5100	M0278900.01 Bügelgriff GN 565.1-20-100-EL Typbezeichnung :BÜGELGRIFF Hersteller :GANter Bestellnummer :GN 565.1-20-100-EL	1,000	ST			HAWA

Dürr Somac GmbH

6

S T Ü C K L I S T E						
MAT.NR.	M0278677.01	WERK	6000	STATUS	03	
BEZEICH.	Zusammenbau Handbremseinstellgerät			GÜLTIG	31.08.2009	
				MENGE	1	

STUF	POS	MAT.NR.	/	KOMPONENTE	MENGE	ME	E	LKZ	MART
ENDE DER STÜCKLISTE									

Stückliste Handbremseinstellgerät